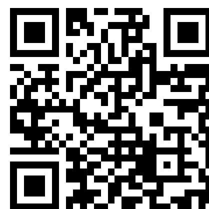


STRECKER

JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

VII. JAHRGANG 1918

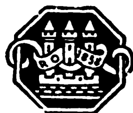
JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

ÜBERSICHT ÜBER DIE WICHTIGEREN ERSCHEINUNGEN AUF DEM GESAMTGEBIETE DER ELEKTROTECHNIK

UNTER MITWIRKUNG ZAHLREICHER FACHGENOSSEN HERAUSGEGEBEN VON

DR. KARL STRECKER

SIEBENTER JAHRGANG
DAS JAHR 1918



MÜNCHEN UND BERLIN 1919
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG

Vorwort

Das Jahrbuch der Elektrotechnik stellt sich die Aufgabe, über die wichtigeren Ergebnisse und Vorkommnisse des abgelaufenen Jahres zusammenhängend zu berichten. Das große Gebiet ist nach dem aus dem Inhaltsverzeichnis zu ersehenden Plan in Abschnitte zerlegt, und es ist ein zahlreicher Stab Mitarbeiter gewonnen worden, deren jeder ein mit seiner Berufstätigkeit eng zusammenhängendes Gebiet zur Bearbeitung übernommen hat.

Der vorliegende Jahrgang umfaßt die Literatur vom 1. Januar bis 31. Dezember 1918. Infolge des Krieges konnte, wie in den Vorjahren, die ausländische Literatur nicht im wünschenswerten Umfang berücksichtigt werden. Dies wird später nachgeholt werden.

Bei den Literaturangaben ist der Raumersparnis wegen die Jahreszahl 1918 (oder die Bandnummer bei Jahresbänden) weggelassen worden. Die benutzten Zeitschriften sind im wesentlichen dieselben geblieben, wie in den Vorjahren. Eine Auswahl der wichtigeren dieser Zeitschriften sind, soweit Raum vorhanden, auf Seite VII und VIII verzeichnet.

Berlin, September 1919

Strecker

Inhaltsverzeichnis.

B. Elektrochemie.

C. Elektrisches Nachrichten- und Signalwesen.

D. Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen.

Verzeichnis der wichtigsten Zeitschriften.

Abkürzung	Titel der Zeitschrift und Erscheinungsort	Im Jahre 1918 erschienene Bände	Erscheinen [1])
Allg. Automobil-Ztg. .	Allgemeine Automobilzeitung (Berlin)	Jg 19	w
Ann. PTT.	Annales des Postes, des Télégraphes et des Téléphones (Paris)	Jg 7	j 4
Ann. Phys.	Annalen der Physik (Leipzig)	R 4, Bd 55, 56, 57	hm
Arbeiter-Versorg. . . .	Arbeiter-Versorgung (Berlin-Lichterfelde). . . .	Jg 35	m 3
Arch. El.	Archiv für Elektrotechnik (Berlin)	Bd 6, 7	j 12
Arch. Post Telegr. . .	Archiv für Post und Telegraphie (Berlin) . . .	Jg 46	hm
Automobilwelt-Flugw.	Automobilwelt-Flugwelt (Berlin)	Jg 16	w
Ber. D. Chem. Ges. .	Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft (Berlin)	Jg 51	j 18
Berl. Ber.	Sitzungsberichte der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften (Berlin)	1918	w
Bull. Bur. Standards	Bulletin of the Bureau of Standards (Washington)	Bd 14	
Bull. Schweiz EV . .	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (Zürich)	Jg 9	m
C. R.	Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences (Paris)	Bd 166, 167	w
Chemikerztg.	Chemiker-Zeitung (Köthen)	Jg 42	w 3
Concordia	Concordia, Zeitschr. d. Zentralstelle f. Volkswohlfahrt (Berlin)	Jg 25	hm
D. Straß. u. Klb. Ztg. .	Deutsche Straßen- u. Kleinbahn-Zeitung (Berlin)	Jg 30	w
El. Anz.	Elektrotechnischer Anzeiger (Berlin)	Jg 35	hw
El. Kraftbetr.	Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen (München und Berlin)	Jg 16	m 3
El. Masch.-Bau . . .	Elektrotechnik und Maschinenbau (Wien) . . .	Jg 36	w
El. Rev. (Ldn.) . . .	The Electrical Review (London)	Bd 82, 83	w
El. Rlwy. Jl.	Electric Railway Journal (New York).	Bd 51, 52	w
El. World	Electrical World (New York)	Bd 71, 72	w
Elchem. Zschr. . . .	Elektrochemische Zeitschrift (Berlin)	Bd 24	m
Electr. (Ldn.)	The Electrician (London)	Bd 80, 81	w
Elektromobil (Wien) .	Das Elektromobil (Wien).	Jg 3	m
ETZ	Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin)	Jg 39	w
Gen. El. Rev.	General Electrical Review (New York)	Bd 21	m
Helios	Helios, Fach- und Export-Zeitschrift für Elektrotechnik (Leipzig)	Jg 24	w
J. Am. Chem. Soc. .	Journal of the American Chemical Society (New York)	Bd 40	m
J. Télégr.	Journal télégraphique (Bern)	Bd 42	m

[1]) j, m, hm, w bedeuten jährlich, monatlich, halbmonatlich, wöchentlich; m 3 = monatlich 3 Hefte.

Abkürzung	Titel der Zeitschrift und Erscheinungsort	Im Jahre 1918 erschienene Bände	Erscheinen
JB drahtl. Telegr. . .	Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie (Leipzig)	Bd 12, 13	j 8
Met. Chem. Eng. . .	Metallurgical and Chemical Engineering (New York)	Bd 16	m
Meteor. Z.	Meteorologische Zeitschrift (Braunschweig) . .	Bd 35	m
Mitt. AEG.	Mitteilungen der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (Berlin)	Jg 14	m
Mitt. BBC.	Mitteilungen von Brown, Boveri & Co. (Mannheim)	Jg 5	m
Mitt. Ver. EW. . . .	Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke (Dresden)	Jg 17	m
Motorschiff	Das Motorschiff und Motorboot (Berlin). . . .	Jg 15	hm
Naturwiss.	Die Naturwissenschaften (Berlin)	Bd 6	w
P. O. El. Eng. J. . . .	The Post Office Electrical Engineers Journal (London)	Bd 11	j 4
Phil. Mag.	The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science (London)	R 6, Bd 35, 36	m
Phys. Rev.	The Physical Review (Lancaster u. Ithaca) . .	R 2, Bd 11, 12	m
Phys Z.	Physikalische Zeitschrift (Leipzig)	Jg 19	hm
Proc. Am. Inst. El. Eng.	Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers (New York)	Bd 37	j 12
Proc. Roy. Soc. Ldn.	Proceedings of the Royal Society of London (London)	Reihe A Bd 94, 95	
RGB.	Reichsgesetzblatt	1918	w 4
Schweiz. Bauztg. . . .	Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	Bd 71, 72	w
Sozialtechnik	Sozial-Technik (Berlin).	Jg 17	m
Telegr.- u. Fernspr.-Techn.	Telegraphen- und Fernsprechtechnik (Berlin) .	Jg 6, 7	hm
Verh. D. Phys. Ges. .	Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (Braunschweig)	Jg 20	j 24
Wien. Anz.	Anzeiger der Kais. Akademie der Wissenschaften, math.-naturwiss. Klasse (Wien)	1918	
Wien. Ber.	Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften, math.-naturwiss. Klasse, Abt. IIa (Wien)	Bd 127	j 10
Z. angew. Chem. . .	Zeitschrift für angewandte Chemie (Leipzig) .	Bd 31	hm
Z. anorg. Chem. . . .	Zeitschrift für anorganische Chemie (Hamburg und Leipzig)	Bd 102, 103 104	
Z. Beleucht.	Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Heizungs- u. Lüftungstechnik (Berlin)	Jg 24	m 3
Z. Eisenb. Sicherungswes.	Zeitschrift für das gesamte Eisenbahn-Sicherungswesen (Das Stellwerk) (Berlin)	Jg 13	hm
Z. Elchemie	Zeitschrift für Elektrochemie (Halle a. S.) . .	Bd 24	hm
Z. Instrk.	Zeitschrift für Instrumentenkunde (Berlin) . .	Jg 38	m
Z. phys. Chem. . . .	Zeitschrift für physikalische Chemie (Leipzig) .	Bd 92, 93	j 18
Z. Ver. D. Ing. . . .	Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure (Berlin)	Bd 62	w
Ztg. Ver. D. Eisenb. Verw.	Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen (Berlin)	Jg 58	w 2

Sonstige Abkürzungen.

DRP, EP, FP, USP, DRGM: Deutsches, englisches, französisches, amerikanisches Patent, deutsches Gebrauchsmuster.

R, Bd, Jg: Reihe, Band, Jahrgang.

JB 1916, 1917: Jahrbuch der Elektrotechnik, Jahrgang 1916, 1917.

AEG, BBC, EW, GEC, H & B, MAN, MSW, RWE, S & H, SSW: Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft; Brown, Boveri & Co.; Elektrizitätswerke; General Electric Company; Hartmann & Braun; Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg; Maffei-Schwartzkopff-Werke; Rheinisch-westfäl. Elektrizitätswerke; Siemens & Halske; Siemens-Schuckertwerke.

I. Allgemeines.

Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1918. Von Prof. Dr. Otto Edelmann, Nürnberg. — Vereinswesen und Kongresse. Von Prof. Dr. Otto Edelmann, Nürnberg. — Bildungswesen. Von Prof. Dr. Joseph Epstein, Frankfurt a. M. — Sozial-Technisches. Von G. Osenbrügge, Berlin. — Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik. Von Justizrat Dr. O. Zimmer, Berlin. — Technische Vorschriften und Normalien. Von Generalsekretär Dr.-Ing. ehrh. Georg Dettmar, Berlin.

Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1918.

Von Prof. Dr. Otto Edelmann.

Die Schwierigkeiten, die der Kriegszustand dem Ausstellungswesen sämtlicher Kulturstaaten der Welt bereitet hat, sind immer noch weiter gestiegen, ebenso auch die Schwierigkeit, einschlägige Berichte über ausländische Unternehmungen dieser Art zu erhalten. Das Ausstellungswesen wird übrigens immer mehr durch die Messen ersetzt. Das Jahrbuch der Ständigen Ausstellungskommission für die deutsche Industrie besagt mit Recht: „Der Kreis der Messen schließt sich immer dichter. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie, die namentlich in den neutralen Ländern nach Zweck und Technik der Durchführung in mancher Hinsicht eigentlichen Ausstellungen ähnlich geworden sind, diese für die nächste Zeit mehr oder weniger verdrängen werden. Seien doch die unmittelbaren geschäftlichen Erfolge, die bei Ausstellungen vielfach in den Hintergrund treten, mehr denn je für die Beteiligung der Industrie ausschlaggebend. Für die deutsche Industrie habe dieses Anwachsen der Messen gerade in naher Zukunft noch besondere Bedeutung wegen des Überblicks über die Veränderungen der technisch-wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des Auslandes."

Diese allgemeinen Ausführungen treffen natürlich auch für unser besonderes Fach, die Elektrotechnik, vollkommen zu. Auch die Elektrotechnik beginnt auf den Messen eine immer größere Rolle zu spielen, wie nachstehend gezeigt werden wird.

Deutschland.

Eigentliche el. Ausstellungen haben nicht stattgefunden. Die Mustersammlung der Kriegsrohstoffabteilung in **Berlin**[1]) und die Ausstellung von Ersatzstoffen im Zoologischen Garten **Berlin**[2]) bot dem Elektrotechniker allerlei Wissenswertes.

Messen haben in **Breslau** und in **Leipzig** stattgefunden. Während die Breslauer Messe[3]) nicht viel für den Elektrotechniker bot, hat die Leipziger[4]) vielerlei Bemerkenswertes für unser Fach enthalten. Die rege Beteiligung der Technik führte zu einer besseren Zusammenfassung der technischen Ausstellungsgegenstände, deren Endziel eine „technische Messe" ist[5]).

Eine deutsche Faserstoffausstellung in Leipzig[6]) bot auch für die elektrotechnische Industrie allerlei Bemerkenswertes. Im Deutschen Kriegswirtschafts-

museum zu Leipzig[7]) hat eine Sonderausstellung „Weltblockade und Kriegswirtschaft“ stattgefunden.

Europäisches Ausland.

Schweiz. Auf der Mustermesse in **Basel** war die el. Industrie der Schweiz reichhaltig vertreten und zeigte die Fortschritte der Schweizer Elektrotechnik. Die Gruppe „Maschinen, Werkzeuge, Feinmechanik, Instrumente und Apparate“ sei die größte gewesen[8]).

Nordische Staaten. In **Christiania** ist die Errichtung eines nordischen technischen Museums in Aussicht genommen worden[9]). — In **Fredericia** hat vom 3. bis 12. August die dänische Messe stattgefunden[10]). — Vom 3. bis 14. Juli fand in **Gotenburg** (Schweden) eine Mustermesse statt, doch scheint diese Veranstaltung nicht von sehr erheblicher Bedeutung gewesen zu sein[11]).

England. Im Oktober fand in **London** die „Key“ Industries Exhibition statt, bei der bedeutende englische elektrotechnische Firmen sich beteiligten[12]). — Ferner wird von einer British Scientific Products Exhibition, bei der auch verschiedene elektrische und elektromedizinische Apparate beschrieben werden, berichtet[13]). — In **Glasgow** sei eine Mustermesse gewesen[14]).

Türkei. Schließlich wurde noch ein Bericht von einer türkischen Ausstellung gefunden[15]), bei der auch el. landwirtschaftliche Maschinen und sonstige el. Bedarfsartikel eine Rolle spielen.

Übersee.

Für 1917 ist nachzutragen, daß in **New York** eine nationale Ausstellung chemischer Industrien stattgefunden hat, bei der auch die amerikanische elektrochemische Gesellschaft beteiligt war[16]). — Ebenfalls als Nachtrag wird auf einen Bericht über die elektrische Beleuchtung der Weltausstellung in **San Francisco** 1915 verwiesen[17]).

In **Tokio** wurden zwischen März und Mai elektrotechnische Gegenstände ausgestellt[18]). — In **Ueno** (gleichfalls in Japan) war ebenfalls eine Ausstellung elektrischer Artikel[19]).

Es wurde berichtet, daß sich in **Marokko** eine Anzahl sog. französischer Handelsmuseen befinden, welche u. a. für Teilnahme an Ausstellungen, Messen und Wettbewerben zu sorgen haben. Es werden dies wohl nichts anderes sein als Gewerbeförderungsanstalten[20]).

[1]) Polytechn. Rundschau S 36. — [2]) ETZ S 203. — [3]) Die Elektrizität S 206. — JB Ständ. Ausstellungskomm. 1919, S 75. — [4]) Die Elektrizität S 63. — [5]) Mitt. Ver. EW S 327. — JB Ständ. Ausstellungskomm. 1919, S 70. — Helios Fachz. S 311. — [6]) Helios Exportz. S 235. — [7]) El. Kraftbetr. S 239. — [8]) Die Elektrizität S 115. — Bull. Schweiz. EV S 107. — Schweiz. Bauztg. S 171. — [9]) ETZ S 59. — [10]) El. Kraftbetr. S 144. — [11]) El. Kraftbetr. S 87. — [12]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 500. — [13]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 341, 359, 398. — [14]) El. Kraftbetr. S 64. — [15]) Die Elektrizität S 200. — [16]) El. Kraftbetr. S 6. — [17]) El. Rundsch. S 44. — [18]) ETZ S 30. — [19]) El. Kraftbetr. S 64. — [20]) ETZ S 298.

Vereinswesen und Kongresse.

Von Professor Dr. O. Edelmann.

Deutschland.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker beging am 1. Juni die Feier seines 25jährigen Bestehens, anläßlich der 24. Jahresversammlung in Berlin. Dettmar[1]) hielt über die Entwicklung des Verbandes eine bemerkenswerte Rede. Aus Anlaß des Jubiläums wurde eine vornehm ausgestattete, mit den Bildnissen der bisherigen Vorsitzenden und Generalsekretäre geschmückte Denkschrift herausgegeben. Den Festvortrag hielt Petersen[2]) über die Hochspannungsstraßen der Elektrizität.

Die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft hielt ihre Jahresversammlung in Charlottenburg. Besonders erwähnenswert sind die Vorträge von Bahr über „Lumineszenzerscheinungen mit besonderer Berücksichtigung der radioaktiven Leuchtfarben" und von Lux über „das Beleuchtungswesen in der Architektur"[3]).

Die Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke war am 5. Juni in Berlin[4]). Zur Beratung standen die Einschränkung des Elektrizitätsverbrauches in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht, die Belieferung der EW mit Kohlen und anderen Betriebsstoffen, der allgemeine Betriebszustand der EW, Preissteigerung für Stromabgabe bei festen Verträgen. — Zur Hauptversammlung 1917 finden sich im Jahre 1918 noch eine Reihe von Berichten[5]).

Der Bund der Elektrizitätsversorgungs-Unternehmungen Deutschlands tagte Mitte Mai zum dritten Male in Berlin[6]).

Die 16. Jahresversammlung des Verbandes der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland fand am 17. Juni in Frankfurt statt[7]). — Bei derselben Gelegenheit tagte die Einkaufsvereinigung für elektrotechnische Bedarfsartikel zum 13. Male[8]).

Vom 9. bis 12. Mai trat die Elektro-Großhändler-Vereinigung Deutschlands zur 8. Jahresversammlung in Nürnberg zusammen[9]).

Der Verein Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahnverwaltungen hielt seine Jahresversammlung im Oktober in Berlin ab[10]).

Die Hauptversammlung des Vereins Deutscher Ingenieure war im Dezember in Berlin[11]). Uns interessiert besonders ein Vortrag von Krohne über „Landwirtschaftselektrizität".

Neugründungen: Anfangs Dezember 1917 wurde in Berlin eine Brennkrafttechnische Gesellschaft gegründet, deren Ziele mit Rücksicht auf sparsame Verwendung und restlose Ausbeute der Brennstoffschätze Deutschlands auch für die Elektrotechnik von großer Wichtigkeit sind[12]). — Im März wurde zu Berlin ein Zentralverband der Deutschen Elektrotechnik ins Leben gerufen, dem alle fabrizierenden Firmen der Elektrotechnik angehören sollen[13]). Dieser Verband tritt an die Stelle des Kriegsausschusses, der nur vorübergehend gedacht war, als dauernde Einrichtung. — Die führenden Firmen des Blitzableiterbaues haben sich zu einem Verband Deutscher Blitzableiterfirmen zusammengeschlossen[14]).

Von Wichtigkeit ist die Gründung des Bundes Technischer Berufsstände in Charlottenburg, welcher sich die Aufgabe stellt, die gesamten technischen Berufsstände zur Mitarbeit am öffentlichen Leben zusammenzufassen und heranzuziehen[15]).

Österreich-Ungarn.

Die Vereinigung Österreichischer und Ungarischer Elektrizitätswerke hatte im Februar eine außerordentliche Versammlung, in der die Trennung der österreichischen und der ungarischen Vereinigung der Elektrizitätswerke beschlossen wurde[16]). — Am 23. Juni war die Generalversammlung des Technischen Museums für Industrie und Gewerbe in Wien[17]). — Vom Jahre 1917 ist die Gründung eines Verbandes Ungarischer Elektrizitätswerke nachzutragen[18]).

Europäisches Ausland.

Schweiz. Der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke und die Glühlampen-Einkaufs-Vereinigung hielten eine außerordentliche Generalversammlung in Olten[19]), der erstgenannte Verband seine Jahresversammlung anfangs Oktober in Montreux[20]) ab. — Am 5. Oktober wurde in Montreux eine General- und Liquidationsversammlung der Glühlampen-Einkaufsvereinigung des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke zusammengerufen[21]). — Die Hauptversammlung der Schweizer Elektroinstallateure vom September 1917 in Lugano ist noch nachzutragen[22]).

Der Schweizerische Elektrotechnische Verein gab eine Zusammenstellung der unter seiner Führung stehenden Vereine, Verbände und Kommissionen heraus[23]). Seine Jahresversammlung hielt er anfangs Oktober in Montreux[24]).

England. Die Incorporated Municipal Electrical Association tagte im Juni in Manchester[25]).

Am 30. Mai wurde die alljährliche Generalversammlung der Institution of Electrical Engineers in London abgehalten[26]).

Am 14. Mai war die Jahresversammlung der Illuminating Engineering Society, in der über einen Erlaß bezüglich Beleuchtung, Heizung und Kraft und über Lichtersparnisse disputiert wurde[27]). — Der Vorsitzende Wordingham derselben Vereinigung richtete eine beachtenswerte Rede an seine Korporation[28]).

Die Tramways and Light Railways Association hielt im Juli den 10. Jahreskongreß und die 21. ordentliche Generalversammlung in London[29]).

Im Juli tagte die Versammlung der Association of Mining Electrical Engineers in Newcastle[30]).

Schweden. Es wird von der Gründung eines Interessenverbandes der schwedischen elektrotechnischen Industrie berichtet[31]).

Italien. In Rom hat im Frühjahr die Jahresversammlung der Vereinigung Italienischer Elektrotechniker stattgefunden, welche sich u. a. mit der Besteuerung elektrotechnischer Fabriken, hydrometrischen Erhebungen, Reibungskoeffizienten für Wasserlauf, Vereinheitlichung der Netzfrequenzen in Italien, Organisierung des Kohlentransportes, Ausnutzung der Wasserkräfte und der heimischen Brennstoffe, Patentverwertung und Nationalisierung heimischer Wasserkräfte beschäftigt hat[32]).

Übersee.

Hierüber liegen die spärlichsten Nachrichten vor, so daß wohl im nächsten Jahrbuch ein größerer Nachtrag wird gebracht werden müssen. — Die Neu-Südwales-Abteilung der Electrical Association of Australia ist insofern für uns interessant, als dabei der Krieg als Antrieb zur Entwicklung der elektrischen Industrie Australiens erörtert wird[33]).

[1]) VDE, ETZ S 308, 318, 329, 338. — [2]) VDE, ETZ S 242. — [3]) D. Bel. Techn. Ges., Z. Beleucht. S 93, 103. — ETZ S 196, 207. — [4]) Ver. EW, Mitt. Ver. EW, S 153. — [5]) Ver. EW, Mitt. Ver. EW, S 1, 25, 197, 221, 245, 278, 310. — [6]) Bund d. El.Versorg.Unt., El. Kraftbetr. S 136. — Die Elektrizität S 125. — [7]) V. d. Install., Die Elektrizität S 142. — ETZ S 267. — [8]) Einkaufsver. el. Bedarf, Die Elektrizität S 149. — [9]) Elektrogroßh., Die Elektrizität S 117. — [10]) V. D. Straßb. u. Klbverw., ETZ S 470. — [11]) VDI, ETZ S 419. — [12]) Brennkrafttechn. Ges., Z. Beleucht. S 18. — [13]) Zentralverb. D. El., Mitt. Ver. EW S 138. — ETZ S 137. — [14]) Verb. D. Blitzableiterfirmen, ETZ S 129. — [15]) Bund. Techn. Berufsst., El. Kraftbetr. S 280. — [16]) Ver. Österr. u. Ungar. EW, Mitt. Ver. EW S 183. — El. Masch.-Bau S 20, 159, 194. — [17]) Techn. Museum f. Ind. u. Gewerbe, El. Masch.-Bau S 311. — [18]) Verb. Ungar. EW, Mitt. Ver. EW S 50. — [19]) Verb. Schweiz. EW u. Glühlampen-Einkaufsver., El. Masch.-Bau S 341. — Bull. Schweiz. EV S 69, 115, 116. — [20]) Verb. Schweiz. EW, Bull. Schweiz. EV S 199. — [21]) Glühlampeneinkaufsver. d. Verb. Schweiz. EW, Bull. Schweiz. EV S 202. — [22]) Schweiz. Elektroinstall., Die Elektrizität S 2. — [23]) Schweiz. EV, El. Kraftbetr. S 88. — [24]) Schweiz. EV, Bull. Schweiz. EV S 193. — [25]) Incorp. Mun. El. Assoc., Electr. (Ldn.) Bd 81, S 186. — El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 602; Bd 83, S 4, 46. — [26]) Inst. El. Eng., Electr. (Ldn.) Bd 81, S 104. — [27]) Illum. Engin. Soc., Electr. (Ldn.) Bd 81, S 68. — [28]) Inst. El. Eng., Electr. (Ldn.) Bd 80, S 237, 265. — [29]) Tramw. and Light Railw. Assoc., Electr. (Ldn.) Bd 81, S 242. — [30]) Assoc. Mining El. Eng., Electr. (Ldn.) Bd 81, S 220. — [31]) Interessenverb. Schwed. el. Ind., ETZ S 400. — [32]) Ver. Italien. El., El. Masch.-Bau S 70. — [33]) El. Assoc. of Australia, El. Rundsch. S 80.

Bildungswesen.

Von Prof. Dr. J. Epstein.

In den verschiedenen Ländern offenbart sich das Bedürfnis, durch gemeinsames Vorgehen der technischen Kreise einen umgestaltenden Einfluß auf das Ausbildungswesen auszuüben.

Der Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen[1]) bespricht in seiner Eingabe an die Staatsministerien die Notwendigkeit, den aus dem Felde heimkehrenden Studierenden eine Abkürzung ihrer Studienzeit zu ermöglichen, weist aber zugleich auf den Nutzen der hierbei zu gewinnenden Erfahrungen für eine spätere Hochschulreform hin. Eine Einschränkung des Lehrgebietes soll zu Lasten des Einzelwissens, aber keinesfalls zuungunsten der wissenschaftlichen Vorbildung oder der allgemeinen Grundlagen des technischen Fachwissens erfolgen. Seminaristische Übungen sollen schärfer betont, die Zahl der Lehrkräfte vermehrt, der Berufsberatung, Schaffung von Stipendien soll mehr Aufmerksamkeit zugewendet werden. Nach zehnjähriger, umfassender und erfolgreicher Tätigkeit will der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen, der bisher in loser Zusammenarbeit die Vertreter aller technischen Verbände und des technischen Unterrichtes umfaßte, sich jetzt eine festere Form geben.[2]) Als nächste Aufgabe betrachtet er Verwirklichung seiner alten Forderungen: Hintansetzung zu früher und zu weitgehender Spezialisierung gegenüber allgemeiner technischer Ausbildung, Weiterbildung der in der Praxis stehenden Ingenieure. Im Mittelpunkte des Interesses stehen weiterer Ausbau von Fachschulen, Ausbildung und Erziehung des Arbeiters.

Eine dem Deutschen Ausschuß entsprechende Körperschaft zu errichten, ist man in England im Begriff[3]). Außerhalb der Regierung, auch materiell von ihr unabhängig soll sie technische Erziehungsfragen bearbeiten. Man erstrebt ein engeres Zusammenarbeiten von Schule und Werkstatt für alle Grade technischer Ausbildung, bessere Ausnutzung der praktischen Lehrzeit, höhere Bewertung der Universitätsschulung, Erziehung zur Persönlichkeit statt bloßer Fachbildung. Eine Auskunftsstelle für technische Ausbildungsfragen soll Eltern, Schulen, Universitäten, Industriekreisen dienen. Für Begabte werden Stipendien in Aussicht genommen, wofür der Board of Trade für technische Schulen 100000 £ und für Universitäten mindestens ebensoviel empfiehlt. Führende Kreise Englands treten für eine intensivere Beschäftigung mit Naturwissenschaften ein[4]).

Auf dem Congrès Général du Génie Civil schlug der Referent der Kommission vor[5]): Bereits die Volksschule solle unter Leitung von Fachleuten Handfertigkeitsunterricht geben. Alle Handarbeiter sollen eine Lehre durchmachen unter Beaufsichtigung durch Interessentengruppen. Wo die Meisterlehre versage, seien Schulwerkstätten einzurichten. Das ganze Lehrlingswesen solle durch Gewerbekammern geregelt und überwacht werden. Die Kosten seien durch Umlagen aufzubringen.

Der Bericht G. Lipparts[6]) auf der Hauptversammlung des Vereins Deutsch. Masch.-Bauanst. über Lehrlingsausbildung zeigt, was der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen und die Deutsche Maschinenindustrie hierin in den letzten sechs Jahren geleistet haben und was sie für die Zukunft fordern. Die vom Ausschuß im Jahre 1912 aufgestellten Leitsätze haben sich bewährt. 60 Firmen (gegenüber 6 im Jahre 1909) unterhalten eigene Werkstätten. Der Tagesunterricht hat sich immer mehr eingebürgert. Kleinere Firmen haben sich zum gemeinsamen Betrieb einer Lehrwerkstätte zusammengeschlossen. Werkschule wie Fortbildungsschulen haben als Aufgabe: Berufsbildung, Erziehung, körperliche Entwicklung. Für Ausbildung hauptamtlicher Gewerbelehrer sind besondere Kurse geschaffen worden. Die Zukunft soll dahin führen, bereits auf der Volksschule Auge und Hand planmäßig zu üben. Berufsberatungsstellen, die vielfach schon bestehen, sind zu vermehren, Stipendien-

sollen befähigten Knaben Lehre und Besuch von Schulen ermöglichen. Für den gelernten Arbeiter sind neben Fortbildungskursen Werkstattkurse anzustreben und Mittel zum Besuch von Fachschulen zu beschaffen.

Eine Beschreibung einer ihrer Werkschulen gibt die AEG[7]): Psychotechnische Aufnahmeprüfung, 4jährige Lehre unter Bezahlung. Erstes Jahr für alle gemeinsam in Lehrwerkstätte, dann in den Betriebswerkstätten getrennt für Maschinenbauer, Dreher, Werkzeugmacher. An einem Wochentag 7½ Schulstunden in der Werkschule (Berufs- und Bürgerkunde, Rechnen, Zeichnen, Turnen). Halbjahreszeugnisse. Abschluß durch Gesellenprüfung. Besondere Lehrkurse werden noch in der Meisterschule, in der Monteurschule, der Praktikantenschule und in der Zeichnerinnenschule abgehalten. Ferner erhalten Fabrikverwaltungslehrlinge technischen Unterricht.

Zur Frage des Aufstieges der Begabten liegt wertvolles Material über die Berliner Einrichtungen vor[8]): Die „Begabtenschulen" knüpfen an 7jährigen Besuch der allgemeinen Volksschule an. Nach 2jährigem gemeinsamen Unterbau gabeln sie in Gymnasium und Realgymnasium und führen nach 9 Jahren zum Abitur. Daneben besteht eine verkürzte Realschule. Ein Entscheid braucht also erst zu einer Zeit zu fallen, wo die Begabungsrichtung schon sicher hervortreten konnte. Die Aufnahme geschieht auf Antrag der Eltern nach Vorschlägen der Volksschule auf Grund psychotechnischer Untersuchungen (Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Kombination, Konzentration, Begriffsbereich, Urteilsfähigkeit, Anschauung, Beobachtungsfähigkeit), ergänzt durch ärztliches Gutachten und Beobachtung in einem Ferienheim. Es werden Freistellen, Jahresbeihilfen von M. 300, ferner Lehrmittel und Beiträge für Sport und Ausflüge gewährt. Auch für das spätere Studium sind Stipendien vorgesehen.

Auf Grund seiner Kriegserfahrungen bemängelt Neuendorff[9]), daß die deutsche Schule zu wenig zu selbständigem Handeln erziehe. Darum verlangt er mehr Leibesübungen, Wandern, Sport, Lebensgemeinschaft in Landheimen, Handfertigkeitsunterricht. Das Bewußtsein ständig beurteilt zu werden, hemme die Entwicklung selbständiger Charaktere, die Zeugnisse sollten darum vereinfacht werden.

Die Rev. Gén. de l'El.[10]) bringt eine Reihe amerikanischer Stimmen aus Industrie- und aus Lehrkreisen über die dortige Ingenieurausbildung. Vielfach wirft man den Universitäten vor, daß sie zu früh und zu weitgehend spezialisieren. Beobachtungsgabe, Schlußvermögen, Urteil sollten geschult, Initiative entwickelt werden. Den Wert einer Allgemeinbildung erkennt man meist an, ist aber nicht einig, ob sie auf Universität oder auf Vorschule erworben werden soll. Teilweise findet man den Unterricht überhaupt zu theoretisch und verlangt eine weitergehende Berücksichtigung der Praxis. Für das Thema der Examenarbeit werden Vorschläge durch die Fachkreise, aber Auswahl durch den Studierenden empfohlen. Abwechselung zwischen praktischer und theoretischer Ausbildung wird gelobt. Als neuartig und nachahmungswert wird eine Anstalt hervorgehoben, die Leuten nach 5- bis 6jähriger Praxis eine 1jährige theoretische Ausbildung gibt, also der Lehrgang unserer elektrotechnischen Fachschulen. Unverhältnismäßig hohe Anforderungen an Lehrer und Schüler stellen Abendkurse, die soweit ausgedehnt würden, daß eine der Tagesausbildung gleichwertige Ausbildung erworben werden könne. Laboratorien sind von 9 Uhr abends bis Mitternacht geöffnet. Arbeiter erhalten hier Vorbildung zum Meister, Leute mit abgeschlossener technischer Ausbildung können weitergehende Spezialkenntnisse erwerben. Auch wer nur eine Volksschule und Fortbildungsschule besucht hat, könne ebensoweit geführt werden und könne im Laufe der Jahre eine Ausbildung erwerben, ebenso wertvoll wie die auf der Universität. Die Vorträge werden schriftlich ausgearbeitet, nach drei Jahren kann ein Examen abgelegt werden. Fachkurse für elektrotechnische Arbeiter behandeln Dynamos, Motoren, Beleuchtung, Wickelei.

Einen wesentlichen Teil der Heranbildung des amerikanischen Technikers nehmen die großen elektrotechnischen Werke auf sich. Sei es, daß sie die Arbeit

der Schulen und Universitäten ergänzen, sei es, daß sie eine vollständige Ausbildung geben. Das vergangene Jahr brachte darüber ausführliche und sehr interessante Mitteilungen der General El. Co.[11]). Eine Reihe von Werkschulen und öffentlichen Schulen bilden ein Zwischenglied zwischen der Lehrlingsausbildung und dem Studium. Die „Abteilungsschule“ nimmt 16- bis 18jährige Leute mit besserer Schulbildung auf. Der Lehrgang der Prüfabteilung dauert zwei Jahre, während deren fleißige Schüler 1350 Dollar verdienen können. In der Werkstatt soll der Praktikant nicht wie der Lehrling praktisch arbeiten lernen, sondern mit Bau und Konstruktion elektrotechnischer Maschinen vertraut werden. Für die theoretische Ausbildung sorgt neben einer Wochenstunde während der Arbeitszeit Besuch einer öffentlichen Abendschule. Eventuell schließt sich noch eine halbjährige weitergehende Ausbildung an, hierauf Verwendung im Prüfraum und nach einem Jahr Überweisung an eine technische oder kommerzielle Abteilung. Der Prüfraum gilt als die hohe Schule für Leute, die vorankommen wollen. Ähnlich organisiert ist der Ausbildungsgang der Schalttafelabteilung. Eine eigene Fortbildungsschule unterrichtet im Anschluß an die Arbeitszeit. Bei Besuch öffentlicher Abendschulen übernimmt das Werk einen Teil der Kosten. Dem auf dem College vorgebildeten Ingenieur vermittelt ein $^5/_4$jähriger Prüfraumkursus, währenddessen er 1274 Dollar verdient, den Übergang zur Praxis. Er wandert von Arbeit zu Arbeit unter Berücksichtigung seiner Wünsche, kommt zwischendurch aufs Bureau, erhält Vorlesungen aus den verschiedensten Fachgebieten, um Einseitigkeit zu vermeiden. Eine ständige Beurteilung, vertraulich, aber dem Betreffenden zur Einsicht frei, bezieht sich auf Fähigkeit und Tüchtigkeit. Ausgebildete Leute mit dem B.-S.-Grad können durch 2jährigen Besuch von Union College an einem Wochentag in bezahlter Arbeitszeit den Advanced Master Degree erwerben, wobei die Fabrik noch die Hälfte des Schulgeldes zahlt. Neben der großzügigen Mitarbeit an der vielseitigen Ausbildung des Technikers und Ingenieurs verdient noch die Spezialausbildung ungelernter Frauen Beachtung. So bildet die Schalttafelabteiung Frauen bei täglich einer Unterrichtsstunde für kommerzielle und halbtechnische Tätigkeit aus. Die Unterweisung betrifft Schaltanlagen, Elemente der Elektrotechnik, Rechenschieber, Gestehungskosten, Preislisten, Ausarbeitung von Kostenanschlägen.

Für Bedienung von Unterstationen bildet die Edison-Gesellschaft[12]) in Boston Frauen, am besten Arbeiterinnen, in 30tägigem Lehrgang aus.

In England hatte die Institution of El. Engineers gemeinsam mit dem Schulamt Kurse veranstaltet, um Lazarettinsassen als Stationswärter auszubilden.[13]) Auch für Motorbedienung wurden Kriegsbeschädigte systematisch angelernt.

Schweden errichtet im Anschluß an die Technische Schule in Våsterås eine staatliche Maschinenbauschule für Elektrotechnik; außerdem ist eine elektrotechnische Fachschule geplant.

Einer stärkeren Betonung wirtschaftlicher Gesichtspunkte entspricht die Errichtung eines Auslandseminars an der Technischen Hochschule in Dresden[14]), während die Technische Hochschule in Darmstadt[15]) Vorlesungen über die deutschen Industrienormen in ihr Vorlesungsprogramm aufnahm.

In den Veröffentlichungen des abgelaufenen Jahres fand die Ausbildung des Arbeiters besondere Beachtung. Trotz guter Erfahrungen, die man vielfach mit angelernten Arbeitskräften gemacht hat, betont man allseitig die Wichtigkeit einer regelrechten Lehre, deren Ausgestaltung im nationalen Interesse liege. Man tritt für materielle Beihilfen, ja für Übernahme der gesamten Kosten durch die Allgemeinheit ein. Die theoretische Ergänzung, für welche die größeren Fabriken durch Errichtung von Werkschulen ihr Interesse betätigen, soll in bezahlter Arbeitszeit stattfinden. Bei Auswahl geeigneter Schüler findet die psychotechnische Prüfung Verbreitung. Auf dem Gebiete der Allgemeinbildung wie technischen Fachbildung strebt man Aufstiegmöglichkeiten von einer Stufe zur nächsthöheren, je nach Befähigung im Sinne der Einheits-

schule an. Bei der Beurteilung tritt die Fachleistung gegenüber den Fähigkeiten und den Charaktereigenschaften zurück. Immer weiter bricht sich die Erkenntnis Bahn, daß die hauptsächliche Aufgabe der Schule ist, nicht Fachwissen zu vermitteln oder gar Spezialwissen, sondern die Kräfte zu schulen, den Unterbau zu liefern, auf dem der einzelne in der Praxis weiterkommen soll. Die Industrie erkennt die Notwendigkeit und Verpflichtung an, in den Fragen beratend und helfend mitzuarbeiten und Lasten auf sich zu nehmen.

[1]) Z. Ver. D. Ing. S 599. — [2]) Rundschreiben vom 23. I. 1918. — [3]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 161. — [4]) H. Großmann, Techn. Wirtsch. S 322. — [5]) Douane, Rev. Gén. El. Bd 3, S 703. — [6]) Techn. u. Wirtsch. S 340. — [7]) A.E.G.-Mittlg. S 117. — [8]) Moede-Piorkowski-Wolf, Die Berliner Begabtenschulen, ihre Organisation und die experimentellen Methoden d. Schülerauswahl (vgl. auch Z. Ver. D. Ing. S 614). — [9]) Neuendorff, Kriegserfahrungen und Neugestaltung des höheren Schulwesens. — [10]) E. Flagey, Rev. Gen. El. Bd 3, S 587. — [11]) Gen. El. Rev. S 202, 300, 517. — [12]) El. World Bd 72, S 545. — [13]) D. C. MacMurtrie, El. World Bd 70, S 955. — [14]) ETZ S 370. — [15]) Z. Ver. D. Ing. S 298.

Sozial-Technisches.

Von Georg Osenbrügge.

Gesetzgebung. Von ministeriellen Bekanntmachungen, Verordnungen oder sonstigen Veröffentlichungen sind nachstehende bemerkenswert: Gewährung von Zulagen an Empfänger einer Invaliden-, Witwen- oder Witwerrente aus der Invalidenversicherung (3. I. 18)[1]). — Genehmigung von Zulagen zu Verletztenrenten aus der Unfallversicherung (17. I. 18)[2]). — Erleichterung des Erlasses berufsgenossenschaftlicher Unfallverhütungsvorschriften (19. II. 18)[3]). — Gewährung von Zulagen an Empfänger einer Altersrente aus der Invalidenversicherung (14. XII. 18)[4]). — Tarifverträge, Arbeiter- und Angestelltenausschüsse und Schlichtung von Arbeitsstreitigkeiten (23. XII. 18)[5]). — Der Geschäftsbericht des Reichsversicherungsamtes für 1917 bringt wieder in der seither üblichen Form eine Fülle bemerkenswerter Mitteilungen aus der Sozialversicherung[6]).

Syrup[7]) hofft, gestützt auf die Erfahrungen des Krieges, daß den Gewerbeaufsichtsbeamten das Betätigungsfeld zugewiesen wird, auf das sie, vermöge ihrer vielseitigen Vorbildung und Berufserfahrung, begründeten Anspruch haben und bringt eine Umgestaltung der Handels- und Gewerbeverwaltung in Vorschlag. — Durch Erlaß des Kultusministeriums ist jetzt an der Frankfurter Universität die Möglichkeit geboten, eine Diplomprüfung für Verwaltungs- und Sozialbeamte abzulegen[8]). — Ein Auszug aus der bundesrätlichen Verordnung II über die Unfallversicherung in der Schweiz befaßt sich mit den Unfallvorschriften und den Unfallinspektionen in el. Anlagen[9]). — Gemäß Beschluß des Schweizerischen Bundesrates ist in der Schweiz eine Unfallinspektion für Elektrizitätswerke eingerichtet worden[10]).

Die Technikerfrage. Über die Zulassung der Techniker zum höheren Verwaltungsdienst sind noch folgende Äußerungen bemerkenswert: L. Bernhardt[11]) stellt fest, daß der Grund zu dem heutigen Stande der Technikerfrage in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts gelegt wurde, als die neue Maschinentechnik in das Leben des Staates eintrat. Damals wurden die Rollen zwischen den juristischen Verwaltungsbeamten und dem technisch geschulten Ingenieur verteilt, ein Zustand, der bis heute bestehen geblieben ist. — L. v. Wiese[12]) betont, daß die Führerrolle nicht bei bestimmten Berufen ruhe, sondern eine persönliche seltene Eigenschaft sei. Es müßte begrüßt werden, wenn die Führer mehr als bisher unter den Ingenieuren gesucht und gefunden würden. — Herkner[13]) äußert, daß mit dem Siegeslauf der Technik kein Siegeslauf der Ingenieure parallel ging. — C. Bornhak[14]) führt aus, daß in der Verwaltung

eines Wirtschaftsbetriebes die technischen Beamten den gleichen Anspruch auf Berücksichtigung in den höheren Stellen haben wie die Juristen. Aber auch in der allgemeinen Staatsverwaltung kann die technisch-wirtschaftliche Bildung einen Platz neben der rein juristischen beanspruchen, zumal es mit der volkswirtschaftlichen Kenntnis unserer Juristen immer noch sehr traurig bestellt ist. — Piloty[15]) weist darauf hin, daß es eine der größten Zukunftsaufgaben unseres Staates ist, die Verwaltung von den drückenden Fesseln des juristischen Buchstabendienstes zu befreien und ihrem Geist seine angeborene Freiheit wiederzugeben. — R. Weyrauch[16]) vertritt den Standpunkt, daß weder der Jurist noch der Techniker noch der Wirtschaftler als solche auf Grund gerade ihrer Ausbildung, Denk- und Anschauungsweise allein weiter helfen, sondern nur Persönlichkeiten von Wissen und Charakter ohne fachliche Voreingenommenheit. — Fr. Hertz[17]) befürwortet auch für Österreich eine erhebliche Mitarbeit des Technikers in der Verwaltung und wünscht die Veranstaltung von besonderen Spezialkursen u. a. m. — Brabbée[18]) betont, daß die bisherige Unterstellung der Ingenieure unter andere Gewalten, denen Natur und Technik fremd sind, zur Zerstörung deutscher Kraft und Arbeit führe. — In Berlin hat sich ein Bund Technischer Berufsstände gebildet, der für die technischen Berufe den gebührenden Einfluß auf Regierung, Parlament und Wirtschaftsleben fordert[19]). — Auch unter der gegenwärtigen sozialistischen Regierung scheint die Bedeutung des Technikers, der gerade jetzt bei der Untergrabung unseres gesamten Wirtschaftslebens durch unsinnige Lohnforderungen der Arbeiter und dem Schrei nach Sozialisierung an erster Stelle berufen sein dürfte, Ordnung zu schaffen, noch nicht anerkannt zu sein; in der Sozialisierungskommission befindet sich kein einziger Techniker[20]). — Der ordentliche Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre an der Technischen Hochschule in Hannover ist zum ersten Male einem auf diesem Gebiete erfahrenen Ingenieur übertragen worden[21]). — Der Vorstand des Vereins Deutscher Ingenieure stellt sich auf den Standpunkt, daß ein Schutz der Bezeichnung „Ingenieur“ nicht nur dem akademisch geprüften Ingenieur vorbehalten bleiben darf, sondern auf die tatsächlichen Leistungen Rücksicht zu nehmen sei[22]). — Riedler[23]) fürchtet, daß, wenn der erstrebte Schutz der Bezeichnung „Ingenieur“ nicht bald herbeigeführt wird, der für die Technischen Hochschulen erforderliche Nachwuchs ausbleibt.

Gefahren der Elektrotechnik. Die Ursachen der schweren Brandkatastrophe im Filmlager der Bioskop-Ges. in Berlin führt Fr. Hoppe[24]) einmal auf unvorschriftsmäßige Schaltanlagen zurück, dann aber läßt er auch die Möglichkeit einer Explosion im Batterieraum der benachbarten Telefunken-Ges. zu. — Nach Fr. Lesser[25]) stehen 115 Unfällen durch el. Strom mit vergeblicher, stundenlang fortgesetzter künstlicher Atmung nur zwei gegenüber, in denen das Verfahren von Erfolg war. — G. Lindemann[26]) schildert einen Unfall durch Berührung einer 20000-V-Leitung mittels eines abgeschlagenen Baumastes. An Hand von Berechnungen geht er auf einige weitere ähnliche Unfallmöglichkeiten näher ein. — H. Zipp[27]) bespricht auf Grund von Unfällen, die trotz sorgfältiger Beobachtung der Vorschriften durch Erdschluß hervorgerufen wurden, das Wesen der Schutzerdung. — Ein Arbeiter berührte aus Mutwillen eine Wechselstromleitung für 220 V und verunglückte tödlich[28]). — Beim Auswechseln einer Lampe an einer Einphasen-Wechselstromleitung von 250 V berührte ein Lokomotivführer eine blanke Stelle der Leitung. Der Tod trat sofort ein. — Auf die Gefahr der Einphasen-Lokomotivstrecken ist schon mehrfach hingewiesen worden[29]). — Beim Erproben einer neuen Glühlampe stützte sich der Arbeiter mit der rechten Hand auf das Gehäuse des Transformators, um mit der linken Hand die erste Lampe der Sicherung abzuschrauben; hierbei kam er mit der obersten spannungführenden Metallplatte (64 V-Drehstrom) in Berührung. Trotz angestellter Wiederbelebungsversuche starb der Verunglückte[30]). — Beim Auswechseln von Kupferleitungen an einer Hochspannungsleitung von 10 kV verunglückten zwei Monteure, die trotz Verbots

die Masten bestiegen und mit der noch unter Strom stehenden Leitung in Berührung gekommen waren. Schwere Brandwunden waren die Folge[31]).

Unfallstatistik. Im Jahresbericht des Dampfkessel-Überwachungsvereins der Zechen im Oberbergamtsbezirk Dortmund für 1917/18 wird über 19 (30) Unfälle in el. Anlagen berichtet, von denen 8 (15) tödlich verliefen. Ein tödlicher Unfall ereignete sich durch eine Glühlampe in einem Dampfkessel bei 220 V Drehstrom. Auf Anlagen, die der Überwachung nicht unterstehen, wurden 14 el. Unfälle, 12 mit tödlichem Ausgang untersucht[32]). — M. Vogel[33]) berichtet über 11 (15) el. Unfälle im oberschlesischen Industriebezirk im Jahre 1917/18, 2 (4) in Niederspannungs- und 9 (11) in Hochspannungsanlagen. Erstere verliefen tödlich; von den Hochspannungsunfällen hatten 7 (5) einen tödlichen Ausgang. — Die Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik[34]) verzeichnet für 1917 96 (102) Unfälle durch el. Strom, von denen 41 (50) tödlich verliefen. Die Abnahme der Unfälle dürfte ebenso wie im vorigen Jahr auf den Mangel an Arbeitskräften zurückzuführen sein und weil neue Werke und Erweiterungen nur in beschränktem Umfange in Angriff genommen worden sind. — Im Jahre 1917 sind dem Elektrotechnischen Verein Wien 42 (35) Unfälle (7 (4) tödliche) in el. Betrieben gemeldet worden. Von den Unfallanzeigen entfallen 14 auf die Wiener städtische Straßenbahn[35]). — In der Schweiz wurden 1917 vom Starkstrom-Inspektorat 37 (39) Unfälle durch Hochspannung, von denen 14 (25) tödlichen Ausgang hatten, gemeldet. Durch Niederspannung verunglückten 18 (14) Personen, hiervon 11 (9) tödlich. Bei 11 Personen wurden Wiederbelebungsversuche angestellt, die bei 3 Personen Erfolg hatten[36]).

Der Jahresbericht für 1916 des Oberinspektors der Bergwerke in England berichtet über 10 tödliche Unfälle durch el. Strom, 4 unter Tage und 6 über Tage[37]).

Unfallverhütung und Arbeiterschutz. P. Wölfel[38]) befürwortet die Beteiligung der Berufsgenossenschaften an den Arbeiten des Normenausschusses der Deutschen Industrie, ganz besonders an der Durchführung von einheitlichen Schutzmaßnahmen gleich bei Herstellung von Arbeitsmaschinen, Transmissionen u. dgl. — A. Bender[39]) macht darauf aufmerksam, daß schon in den Technischen Hochschulen und sonstigen Fachschulen auf die Bedeutung der Unfallverhütung in den gewerblichen Betrieben hingewiesen werden soll und daß außer Betriebsleitung und Meister ganz besonders die Arbeiter zur Mitarbeit heranzuziehen sind. Als besonders wertvoll für die Unfallverhütung befürwortet er die Bildung von Wohlfahrts- oder Sicherheitsausschüssen in den Fabriken, die wesentlich zur Verminderung der Unfälle beitragen. — P. M. Grempe[40]) weist darauf hin, daß im Interesse der Unfallverhütung und bei den augenblicklich hohen Werten der Gebäude, Einrichtungen usw. ein wirksamer Feuerschutz durch eine Fabrikfeuerwehr auch für kleine Betriebe von besonderer Bedeutung ist. — C. Zell[41]) teilt mit, daß zwischen dem Verband Bayerischer Elektrizitätswerke und dem Bayerischen Landes-Feuerwehrausschuß Vorschriften über Maßnahmen bei Bränden und Schäden an el. Leitungen vereinbart wurden. — O. Prange[42]) macht uns mit der Änderung einer Bestimmung der Vorsichtsbedingungen für el. Licht- und Kraftanlagen, wie sie den Feuerversicherungsscheinen der mit Elektrizität ausgerüsteten Fabriken usw. regelmäßig beigefügt werden, bekannt. — W. Fuhrmann[43]) empfiehlt zur Verhütung der immer wiederkehrenden Unfälle durch el. Handlampen für Wechsel- und Drehstromanlagen die Benutzung kleiner Transformatoren, durch welche die normale Lampenspannung für das sonstige allgemeine Netz von 110 bis 120 V auf ca. 15 V herabgesetzt wird. Für Gleichstrom käme ein besonderer rotierender Umformer und eine besondere Lampenleitung in Frage. — Nach H. P. Coffin[44]) ist infolge der Bemühungen der Public Safety Commission in Portland von 30000 Schulkindern während dreier Monate keines auf der Straße durch Straßenbahn oder Auto verletzt worden. — Unter dem Einfluß des Safety-First Council in London gingen die tödlichen Straßenunfälle im Jahre 1916 (577) auf 489 im Jahre 1917 zurück[45]).

Die Northern Ohio Traction & Light Co. in Canton, Ohio hat für ihre Angestellten 14 Artikel herausgegeben, die sich mit der Verhütung von Unfällen befassen[46]. — H. J. Burton[47]) gibt eine Anzahl Verhaltungs- und Vorsichtsmaßregeln in leicht verständlicher Form bei Arbeiten in el. Betrieben oder el. Zentralen bekannt. — W. C. Pearce[48]) von der Syracuse Lighting Co. bringt Verhaltungsmaßregeln zur Rettung der durch elektrischen Strom Verunglückten. — Das Bureau of Safety in Chicago hat festgestellt, daß von 6000 Unfällen in verschiedenen Staaten Amerikas ein großer Prozentsatz auf Oberleitungsmonteure entfällt, weniger durch el. Strom (11,4%) als durch andere Ursachen. 20% der Unfälle der mit dem Aufstellen von Masten beschäftigten Arbeiter sind allein den Verletzungen durch herabfallende Gegenstände zuzuschreiben. Im Anschluß an die Ausführungen werden einige Unfallverhütungsmaßregeln bekanntgegeben[49]).

Soziale Fürsorge. Die Zentralstelle für Volkswohlfahrt stellt Richtlinien auf, die sich mit den möglichen Schicksalen der Minderjährigen in der Übergangswirtschaft und mit den Maßnahmen zu ihrem Schutz befassen[50]). — Der Ausschuß für Berufsberatung veranstaltete in Berlin einen Lehrgang für solche Personen, die bereits als leitende oder selbständige Berater in der praktischen Berufsberatung stehen[51]). — Die Deutsche Zentralstelle für Berufsberatung der Akademiker veranstaltete einen Kursus für Berufsberatung für Abiturienten, Studenten usw. in Berlin[52]).— A. Mann[53]) betrachtet die Berufsberatung Jugendlicher vom pädagogischen Standpunkt aus und schlägt vor, daß die jungen Menschen nach Verlassen der Schule ein Probejahr durchmachen müßten, in dem sie noch nicht auf eine ganz bestimmte praktische Beschäftigung vorbereitet werden, sondern in dem sie Gelegenheit zu Leistungen von vorwiegend allgemeiner Natur haben. — A. Schreiber[54]) bringt eine Schilderung über die Einrichtung eines Prüflaboratoriums für Berufseignung von Fahrdienstleitern, Lokomotivführern u. a. m. der Sächsischen Staatseisenbahn.

O. Lippmann und W. Stern[55]) haben sich eingehend mit der Psychologie der Berufseignung und des Wirtschaftslebens befaßt.

In Stuttgart ist eine soziale Frauenschule eröffnet worden, die ihren Schülerinnen theoretische und praktische Ausbildung für die soziale Berufsarbeit gibt[56]). — In Württemberg ist ein Verein zur Förderung der Begabten beiderlei Geschlechts, die schon in einem Berufe stehen oder im Begriff sind, ins praktische Leben einzutreten, ins Leben gerufen worden[57]).

In der Lehrlingsschule der AEG werden die jungen Leute praktisch und theoretisch zu Maschinenbauern, Drehern usw. herangebildet. In einer psychotechnischen Aufnahmeprüfung wird festgestellt, ob der Bewerber sich für den gewählten Beruf eignet[58]).

Der Frage, ob der Arbeiter mehr Arbeit leisten kann, ist bei den seinerzeit verfügbaren Menschen und Maschinen nach A. Mandl[59]) ganz besonderer Wert beizumessen. Der totale Wirkungsgrad der menschlichen Arbeit ist verhältnismäßig sehr gering und vermindert sich noch mehr bei Krankheit oder mangelhafter Ernährung. Dem Arbeiter darf bei Zumutung einer bestimmten Normalleistung die dazu notwendige Mehrausgabe von Energie nicht zum Preis der bisher von ihm geleisteten Energiemenge vergütet werden mit Rücksicht auf die Schwierigkeit der Lebensmittelbeschaffung. — Auf einer Versammlung der Krankenkassen in der Schweiz wurde die Bildung einer Kranken-, Invaliditäts- und Altersversicherung beschlossen[60]). — Nach Zacher[61]) ist Belgien mit sozialen Reformen am rückständigsten. Nur auf dem Gebiete der Unfallversicherung ist für bestimmte Betriebe der Versicherungszwang eingeführt; bisher wurde aber nicht mehr erreicht, als daß von rd. 2100000 Arbeitern und Angestellten etwa $\frac{1}{4}$ der Krankenversicherung, $\frac{1}{7}$ der Invalidenversicherung und $\frac{1}{6}$ der Altersversicherung beigetreten waren. — K. Kögler[62]) weist darauf hin, daß der ganze Osten Europas mit wenig Ausnahmen ohne Arbeiterversicherung ist und befürwortet die Einführung dieser sozialen Einrichtung. —

L. K. Comstock[63]) beklagt, daß man sich in Amerika bisher noch so wenig mit dem Problem beschäftigt hat, wie die Löhne in angemessenem Verhältnis zu den Kosten der Lebenshaltung zu bringen sind. Bisher wurden Lohnerhöhungen in den meisten Fällen erst nach einem Streik erzwungen, denen wieder Aussperrungen seitens der Arbeitgeber gegenüberstanden. Diese Gewaltmaßregeln führten natürlich nicht zu einer endgültigen Lösung der Frage. Comstock bringt die Festsetzung eines niedrigsten Jahresverdienstes auf Grund von Feststellungen während einer bestimmten Zeitperiode in Vorschlag. Auf dem gefundenen Grundwert könnte dann weiter aufgebaut und auf diese Weise vielleicht ein brauchbares Ergebnis erzielt werden. — Auch in England ist die Regierung bemüht, für Anlernung des Nachwuchses in der Industrie, die schon in der Schule beginnt, zu sorgen[64]).

A. P. M. Flemming[65]) bespricht in seiner Ausführung die Ursachen der Ermüdung industrieller Arbeiter in Zusammenhang mit Unfällen, ferner die Ausbildung der in der el. Industrie Beschäftigten und die Beziehungen zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer.

Auch in diesem Jahre nimmt die Fürsorge für Kriegsbeschädigte unser größtes Interesse in Anspruch. Auf Anregung der Freien Vereinigung für Kriegswohlfahrt ist ein Zusammenschluß der Wohlfahrtsarchive, in denen die Erfahrungen der sozialen Fürsorge festgehalten wurden, zustande gekommen. Die Geschäftsstelle ist an die Zentralstelle für Volkswohlfahrt, Berlin W. 50, Augsburger Straße 61, angegliedert[66]). — H. Schäfer[67]) verlangt die Hinzuziehung der Technischen Aufsichtsbeamten der Berufsgenossenschaften zu der Berufsberatung Kriegsbeschädigter zwecks Unterbringung in früheren oder ähnlichen Arbeitsgelegenheiten in der sächsischen Textilindustrie. — Hanauer[68]) betont den Wert der Leibesübungen für Kriegsbeschädigte und weist nach, daß die Hirnverletzten einer besonderen Fürsorge bedürfen. Ferner lenkt er die Aufmerksamkeit auf die Normalisierung künstlicher Glieder. — G. Rohn[69]) bringt eine Zusammenstellung aller in Deutschland erteilten Patente und Musterschutze auf Arm- und Handersatz unter Bekanntgabe der Inhaber dieser Schutzrechte. — Auf dem Kongreß der Deutschen Vereinigung für Krüppelfürsorge in Wien am 16. IX. 18 führte Beckmann[70]) aus, daß nach sorgfältiger Schätzung für den 1. VII. 18 in ganz Deutschland mit etwa 160000 bereits entlassenen Schwerbeschädigten zu rechnen ist und daß sich unter diesen etwa 45000 Industriearbeiter befinden. Bei dem Vorhandensein von 8 Millionen männlicher und weiblicher Industriearbeiter entfällt im Durchschnitt auf 180 gesunde Arbeitskräfte 1 Schwerbeschädigter, was für die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes nicht hinderlich ist. — Die Ansprüche an die Arbeitsleistung der Blinden konnten durch den Schöpfer der Kriegsblindenfürsorge im Kleinbauwerk der Siemens-Schuckert-Werke, P. H. Perls[71]), wesentlich erhöht werden. Bisher wurden rd. 50 Kriegsblinde ausgebildet; hierzu kommen noch 34 männliche und 12 weibliche Pfleglinge von Blindenanstalten. — E. Niepel[72]) hat in seiner Sonderschrift das Ergebnis bisheriger Versuchsarbeiten über die Arbeitsmöglichkeit von Kriegsblinden in gewerblichen Betrieben eingehend behandelt und festgestellt, daß Blinde, die arbeiten können, und wollen, in vielen Industrien lohnende Beschäftigung finden können. — Leuner[73]) berichtet über Erfahrungen mit etwa 50 Kriegsblinden in der Blindenwerkstatt des Feuerwerkslaboratoriums in Spandau. — Beckmann[74]) weist darauf hin, daß bei Wiederertüchtigung Schwerbeschädigter im Fabrikbetrieb beispielsweise bei einem Amputierten, die Erwerbsfähigkeit für Verrichtungen, bei denen wahllos alle möglichen Handgriffe vorkommen, nur etwa 33% derjenigen eines gesunden Arbeiters beträgt. Geeignete Arbeitsauswahl, wie solche in modernen Betrieben mit der dort durchgeführten Arbeitsteilung möglich ist, steigert die Erwerbsfähigkeit bis auf 75% und darüber. — Dem Kriegsbeschädigten ist nach Bünnings[75]) nicht nur die Berufsmöglichkeit zu zeigen, sondern er soll auch durch entsprechende Schulung zu diesem Beruf ausgebildet werden. Dies kann erreicht werden durch die pädagogische Psychotechnik, die die Er-

fahrungen der experimentellen Psychologie für die praktische Berufstechnik verwendet. — F. Heibertshausen[76]) schildert die Erfahrungen mit der Arbeitsschauuhr von Poppelreuter in einer Lazarettwerkstatt bei der Arbeit von hirnverletzten Kriegsbeschädigten. — H. Troendle[77]) beschreibt eingehend den Bosch-Troendleschen Arm, bei dessen Konstruktion neue Wege beschritten sind. Der Kunstarm ist zur Entfaltung erheblicher Kraftleistung befähigt, so daß er sich voraussichtlich auch in der Werkstatt Eingang verschaffen wird. — Th. Wolff[78]) schildert Konstruktionen von künstlichen Armen und Händen, die besonders für alle Berufsklassen der technischen und industriellen Kopfarbeiter geeignet sind. — Beckmann[79]) macht Mitteilung von Äußerungen einer Anzahl Werke auf Grund einer Rundfrage über Einstellung und Beschäftigung schwerverletzter Kriegsbeschädigter in der Industrie. Aus den eingegangenen Antworten geht hervor, daß die Erfahrungen mit Kopfschußverletzten vielfach ungünstig sind. — Beckmann[80]) zeigt an verschiedenen Beispielen, wie die Arbeitstherapie von kriegsbeschädigten Arbeitern in der Akkumulatorenfabrik A.-G. gehandhabt wird. — Nach dem Jahresbericht der elektrotechnischen Lehranstalt des Physikalischen Vereins in Frankfurt a. M. konnten im letzten Jahre 34 verwundete Elektrotechniker ihre praktische Ausbildung durch eine theoretische Schulung in den Kursen ergänzen[81]). — H. Tauß[82]) berichtet über Kriegsbeschädigtenfürsorge in Österreich und schildert die Einrichtungen der Lazarette mit Invalidenschulen. Ein eigener Schutzverband entstand außerdem zur Unterstützung von Tauben und Schwerhörigen. Von besonderer Bedeutung ist die allgemeine Vermittlung von geeigneten Arbeitsstellen an Kriegsbeschädigte seitens besonderer amtlicher Landesstellen. — F. B. Gilbreth[83]) in England hat einen Stuhl (marshall chair) gebaut für beinverletzte Kriegsbeschädigte, die sich während der Arbeit am Webstuhl, an der Presse od. dgl. bewegen müssen. — Über die Verwendung Kriegsbeschädigter in der englischen el. Industrie sind nach Art der Beschädigung entsprechende Beschäftigungen und einige Richtlinien für Beschädigte aufgestellt[84]). — Ch. Dantin[85]) berichtet im Génie civil über die Wiederertüchtigung Kriegsbeschädigter in Frankreich. — D. H. McDougall[86]) macht Mitteilung über die Fürsorge für Kriegsbeschädigte in Kanada. — S. S. Wheeler[87]) von der Crocker-Wheeler Company hat in den Werken der Gesellschaft Kriegsblinde als Spulenwickler für el. Maschinen und Apparate mit bestem Erfolg beschäftigt.

Wohlfahrtseinrichtungen. Der Landesverband der Ortskrankenkassen Hamburgs hat auf dem an sein jetziges Genesungsheim in Reinfeld in Holstein angrenzenden Grundstück ein zweites Heim errichtet[88]). — Die Gesellschaft der Ferienheime für Handel und Industrie besitzt 2 Heime in Süddeutschland, 4 in West- und Mitteldeutschland, 2 in Ostdeutschland und eines an der Ostseeküste[89]). — Für die Unterbringung der unverheirateten Kriegsblinden der SSW sorgten in hochherzigster Weise P. H. Perls und Frau[90]) durch Einrichtung eines Ledigenheims in der Nähe des Werkes. — Die SSW haben den Blinden ein Sparkonto mit 5% Verzinsung eingerichtet. Die Einlage kann jederzeit wieder erhoben werden[91]). — Im Jahre 1918 verteilte die Erich-Rathenau-Stiftung 20800 M an Stipendien an Angestellte und deren Angehörige zur Ausbildung in einem technischen Beruf[92]).

[1]) RGB, S 7. — [2]) RGB, S 31. — [3]) RGB, S 85. — [4]) RGB, S 1429. — [5]) RGB, S 1456. — [6]) Arb.-Vers., S 413, 434. — [7]) Syrup, Zentralbl. Gewerbehyg., S 31, 37, 69. — [8]) Concordia, S 291. — [9]) Bull. Schweiz EV, S 80. — [10]) Bull. Schweiz EV, S 250. — [11]) L. Bernhardt, ETZ, S 446. — [12]) L. v. Wiese, ETZ, S 446. — [13]) H. Herkner, ETZ, S 446. — [14]) C. Bornhak, ETZ, S 446. — [15]) Piloty, ETZ, S 446. — [16]) R. Weyrauch, ETZ, S 186. — [17]) Fr. Hertz, El. Masch.-Bau, Anh., S 89, 93. — [18]) Brabbée, El. Anz., S 426. — [19]) El. Anz., S. 406. — [20]) El. Anz., S 431. — [21]) Z. Ver. D. Ing., S. 135. — [22]) Z. Ver. D. Ing., S 734. — [23]) Riedler, Soztechn., S 15. — [24]) Fr. Hoppe, El. Anz., S 202. — [25]) Fr. Lesser, Zentralbl. Gewerbehyg., S 118. — [26]) G. Lindemann, El. Anz., S 257, 267. —

[27]) H. Zipp, El. Masch.-Bau, S 362. — [28]) El. Kraftbetr., S 195. — [29]) El. Kraftbetr., S 196. — [30]) El. Masch.-Bau, S 340. — [31]) Mitt. Ver. EW, S 200. — [32]) Jahresber. Dampfkess.-Überwach.-Ver. d. Zechen i. Oberbergamts-Bez. Dortmund für 1917/18. [33]) M. Vogel, El. Anz., S 362. — [34]) Berufsgen. d. Feinmech. u. El. ü. d. Tätigk. d. techn. Aufsichtsbeamten für 1917. — [35]) El. Masch.-Bau, S 233. — [36]) Schweiz. Bauztg., Bd. 71, S 240. — [37]) El. Rev, (Ldn.), Bd. 82, S 333. — [38]) P. Wölfel, Soztechn., S 1, 57. — [39]) A. Bender, Zentralbl. Gewerbehyg., S 1. — [40]) P. M. Grempe, Soztechn., S 20. — [41]) C. Zell, Mitt. Ver. EW, S 202. — [42]) O. Prange, Helios Fachz., S 176. — [43]) W. Fuhrmann, El. Anz., S 371. — [44]) H. P. Coffin, El. Rlwy. Jl., Bd 51, S 1192. — [45]) El. Rlwy. Jl., Bd 51, S 1059. — [46]) El. Rlwy. Jl., Bd 51, S 234. — [47]) H. J. Burton, El. World, Bd 70, S 1046. — [48]) W. C. Pearce, El. World, Bd 71, S 52. — [49]) El. World, Bd 70, S 850. — [50]) Concordia, S 13. — [51]) Concordia, S 111, 210, 226, 241. — [52]) Concordia, S 214. — [53]) A. Mann, Concordia, S 297. — [54]) A. Schreiber, Z. Ver. D. Ing., S 446, 467. — [55]) O. Lippmann u. W. Stern, Concordia, S 200. — [56]) Concordia, S 54. — [57]) Concordia, S 209. — [58]) Mitt. AEG, S 117. — [59]) A. Mandl, El. Masch.-Bau Anh., S 153. — [60]) Arb.-Versorg., S 16. — [61]) Zacher, Arb.-Versorg., S 396. — [62]) K. Kögler, Arb.-Versorg., S 497. — [63]) L. K. Comstock, El. World, Bd 71, S 552, 615. — [64]) Engineering, Bd 106, S 440. — [65]) A. P. M. Flemming, Electr. (Ldn.), Bd 81, S 670. — [66]) Arb.-Versorg., S 157. — [67]) H. Schäfer, Soztechn., S 15. — [68]) Hanauer, Soztechn., S 65. — [69]) G. Rohn, Soztechn., S 73. — [70]) Beckmann, Arb.-Versorg., S 698. — [71]) P. H. Perls, El. Anz., S 272. — [72]) E. Niepel, Concordia, S 121. — [73]) Leuner, Z. Ver. D. Ing., S 929. — [74]) Beckmann, Zentralbl. Gewerbehyg., S 34. — [75]) Bünnings, Concordia, S 165. — [76]) F. Heibertshausen, Z. Ver. D. Ing., S 533. — [77]) H. Troendle, Z. Ver. D. Ing., S 193, 234, 254, 286. — [78]) Th. Wolff, Helios, Fachz., S 61, 69. — [79]) Beckmann, Z. Ver. D. Ing., S 909. [80]) Beckmann, ETZ, S 377. — [81]) ETZ, S 399. — [82]) H. Tauss, Soztechn., S 41. — [83]) F. B. Gilbreth, Engineering, Bd 105, S 197. — [84]) El. Rev. (Ldn), Bd 82, S 532. — [85]) Ch. Dantin, ETZ, S 317. — [86]) D. H. McDougall, El. Rlwy. Jl., Bd 51, S 1181. — [87]) S. S. Wheeler, El. World, Bd 71, S 114. — [88]) Arb.-Versorg., S 495. — [89]) Soztechn. S 15. — [90]) P. H. Perls u. Frau, El. Anz., S 272. — [91]) El. Anz., S 272. — [92]) AEG Bekanntmach.

Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik.

Von Justizrat Dr. O. Zimmer.

Auf den Ruinen des zertrümmerten Bismarckschen Deutschlands will sich ein demokratischer Volksstaat aufbauen und ringt zurzeit damit, sich eine den neuen Grundlagen entsprechende Verfassung zu geben. Ist sie zum Licht geboren, werden die neuen gesetzgebenden Faktoren alle Hände voll zu tun finden, um auf den verschiedenen Gebieten des Staatsrechts, des bürgerlichen und Strafrechts, des Zivil- und Strafprozesses, des Verwaltungs-, Gewerbe- und Steuerrechts und der sozialen Gesetzgebung die von der Mehrheit getragenen sozialistischen Ideen und Forderungen in die Praxis umzusetzen. Inwieweit auch das Gebiet der Elektrotechnik mit in den Kreis der Wirksamkeit der neuen Staatsgewalten hineingezogen werden wird, steht noch dahin. Aber wer könnte leugnen, daß auch die Elektrotechnik gegebenenfalls in sehr erheblichem Umfange mit in den Strudel hineingerissen werden kann, wenn die Staatsgewalt sich entschließen sollte, die Doktrin der Sozialisierung der Betriebe bei den Elektrizitätsunternehmungen, elektrischen Bahnen, Elektrizitätswerken und gar auch den Fabriken für Herstellung elektrischer Bedarfsartikel praktisch zu erproben. Die Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik stehen also zurzeit einer sehr ungewissen Zukunft gegenüber. Vielleicht, daß in den nächsten Bänden des Jahrbuchs bereits über sehr einschneidende neue gesetzgeberische Eingriffe zu berichten sein wird. Es ist aber auch sehr wohl möglich, daß die Aufgaben, die der Gesetzgebung auf all den andern vorher erwähnten Rechtsgebieten bevorstehen, der Elektrotechnik noch auf längere Zeit Ruhe lassen.

Kriegswirkungen. Während der nunmehr abgeschlossenen 4½jährigen Kriegszeit hat eine Fortentwicklung der Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik — abgesehen von den verschiedentlichen Eingriffen der kriegswirtschaftlichen Verordnungen, die ja nur von vorübergehender Wirkung sind — im wesentlichen nur durch die auch während des Krieges fortgesetzte Rechtsprechung stattgefunden. Eine sehr wertvolle Zusammenstellung der für die Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik wichtigen höchstrichterlichen Urteile der Zivil-, Straf- und Verwaltungsgerichte wird von W. Coermann[1]) dargeboten, auf die hiermit empfehlend hingewiesen sei. Die Arbeit umfaßt die Jahre 1913 bis 1918. Sie bietet eine Fundgrube für den Praktiker. Der Jurist empfindet es nur als einen Mangel, daß nicht auch zugleich von dem Verfasser angegeben wird, wo man die von ihm durch einen kurzen Satz gekennzeichneten Urteile im Wortlaute abgedruckt findet.

Die beiden wichtigsten Fragen rechtlicher Natur, welche die Geschäftswelt im Verlaufe des unerwartet langen Krieges beschäftigt haben, und die daher auch für die Elektrotechnik während der Kriegszeit in immer steigendem Maße von Wichtigkeit geworden sind, sind die folgenden:

1. Welchen Einfluß haben die durch den Krieg herbeigeführten, wesentlich veränderten wirtschaftlichen Verhältnisse auf die Verpflichtung der Vertragsparteien bei vor dem Kriege abgeschlossenen Lieferungsverträgen allgemeiner Art und
2. bei langjährigen Verträgen auf Lieferung von elektrischem Strom, Gas u. dgl.

Was die Verträge ersterer Art angeht, so ist von den Unternehmern den Verträgen vielfach eine sog. Kriegsklausel beigefügt worden, die in den einzelnen Fällen sehr verschieden lautete und daher sehr häufig dem Reichsgericht zur Entscheidung über ihren Sinn vorgelegt wurde. Regelmäßig hat dann das Reichsgericht dahin entschieden, daß die Klausel dem Berechtigten das Recht des einseitigen Rücktritts gewährte, zugleich allerdings mit der ihm obliegenden Verpflichtung zur alsbaldigen Erklärung über das ihm zustehende Wahlrecht. Eine besondere Entscheidung ist vom R.G. noch für den Fall getroffen, daß ein Großhändler Lieferungsverträge mit Kriegsklausel und solche ohne Klausel geschlossen hatte. Hier erklärte ihn das R.G. für verpflichtet, die Verträge mit Kriegsklausel zu kündigen, um die ohne Klausel erfüllen zu können[2]). Wo aber eine solche Kriegsklausel nicht vereinbart war, führten die wirtschaftlichen Verhältnisse sehr vielfach dazu, daß für den zur Leistung Verpflichteten die wenigstens zeitweilige objektive Erfüllungsunmöglichkeit eintrat. In einer großen Anzahl von Fällen vereinbarten dann die Parteien während des Krieges die Erfüllung für einen späteren Zeitpunkt, sogar auch für die Zeit nach Beendigung des Krieges. Im Laufe des Kriegsfortgangs wuchsen dann aber die wirtschaftlichen Schwierigkeiten ins Ungemessene, so daß die zur Leistung Verpflichteten sich genötigt sahen, auch für die Zukunft die von ihnen übernommene Leistung abzulehnen. Aus diesen Verhältnissen entwickelte sich eine große Anzahl von Rechtsstreitigkeiten, die das Reichsgericht in allmählich fortschreitender, konsequenter Rechtssprechung zu der Entscheidung veranlaßte, „daß die durch den Krieg notwendig gewordene zeitliche Verschiebung der Leistung als ein der Unmöglichkeit gleichzuachtender Umstand die dauernde Befreiung des Schuldners mit der Folge einer Auflösung des Vertragsverhältnisses bewirkt, wenn die Leistung durch die Verschiebung wirtschaftlich derart verändert wird, daß sie nicht mehr als die beim Vertragsschluß erwartete und gewollte Leistung zu erachten sein würde. Das gilt auch für den Fall, daß während des Krieges anläßlich der durch ihn hervorgerufenen Behinderung der Leistung eine Einigung über die Ausführung nach Beendigung des Krieges erzielt wird, es müßte denn sein, daß nach dem Willen der Parteien die Leistung nach dem Kriege ohne Rücksicht auf irgendwelche infolge des Krieges eingetretene Veränderungen der Verhältnisse unter allen Umständen erfolgen sollte. Die Übernahme aller und jeder Gefahr durch

die Vertragsteile, insbesondere den Verkäufer, ist aber nicht zu vermuten, vielmehr als eine seltene Ausnahme zu betrachten, die nur dann angenommen werden darf, wenn der Wille der Parteien, an der Leistungspflicht für alle Fälle festzuhalten, mögen sich auch die Verhältnisse ändern wie sie wollen, klar und unzweideutig zum Ausdruck gekommen ist[3]."

Die andere Frage nach der Wirkung des Krieges auf langfristige Stromlieferungsverträge ist bereits in JB 1917, S 17 erwähnt. Zu einer richterlichen Entscheidung ist es in der Tat über die Frage noch nicht gekommen. Wohl aber wird von der Vereinigung der Elektrizitätswerke angenommen, daß die Entscheidung des R.G. v. 7. 12. 17 (III 223/17) hier Anwendung finden dürfe[4]. Das oberste Gericht erklärt in diesem Urteil, das Oberlandesgericht habe den Umfang der ihm vom Gesetzgeber gestellten Aufgabe nicht verkannt, wenn es sich für befugt erachte, die Lücke, welche nach seiner Feststellung die Erklärungen der Vertragsteile aufwiesen, kraft eigener Machtvollkommenheit nach den Grundsätzen von Treu und Glauben unter Berücksichtigung der Verkehrssitte auszufüllen. Von seinem Rechte zu einer Erklärungsergänzung werde der Richter insbesondere dann Gebrauch zu machen haben, wenn unvorhergesehene und unvorhersehbare Ereignisse, wie der gegenwärtige Krieg einen ungewöhnlichen Einfluß auf ein Vertragsverhältnis ausübe und wenn nach dessen Gesamtinhalt und Zweck mit Sicherheit anzunehmen sei, die Parteien hätten auf diese Weise geschaffene Verhältnisse, wenn sie sie in den Kreis ihrer Erwägungen gezogen hätten, zum Gegenstande einer besonderen Vereinbarung gemacht. In einem von R. A. Hachenburg[5]) zur Frage der Strompreiserhöhung erstatteten Gutachten nimmt dann auch der Gutachter, gestützt auf diese Rechtsprechung, die Ergänzung der Parteivereinbarungen dahin als gegeben an, daß keine der Vertragsparteien aus Anlaß der durch den Krieg herbeigeführten Preiserhöhungen vom Stromlieferungsvertrage zurücktreten, daß aber das Werk eine angemessene Erhöhung des Strompreises beanspruchen dürfe. Zu ähnlichem Ergebnis gelangen die von Cantor[6a]) aufgestellten Grundsätze über Preisänderungen in bestehenden Elektrizitätslieferungsverträgen. Auch Eckstein[6b]) schließt sich im Ergebnis dem Standpunkt Hachenburgs an, kommt dazu freilich auf anderem Wege, indem er in langfristigen Gemeindestromlieferungsverträgen eine Art Gesellschaftsverhältnis sieht, das dem Unternehmer gesetzlich ein Rücktrittsrecht gebe, weil bei so einschneidenden wirtschaftlichen Veränderungen ein wichtiger Grund zur Auflösung der Gesellschaft vorliege. Das Rücktrittsrecht komme aber dann in Wegfall, wenn die Gemeinde zur Gewährung eines Zuschusses zum Ausgleich der erhöhten Kosten bereit sei. In ausführlicher Weise behandelt in Buchform Böckel[7]) die hier in Betracht kommenden rechtlichen Fragen, insbesondere die clausula rebus sic stantibus. Endlich ist auch ein Aufsatz von Ludewig[8]) zu erwähnen, der in Anlehnung an die Rechtsprechung der beiden höchsten Budapester Gerichtshöfe und auch desjenigen in Stuhlweißenburg die wirtschaftlichen Erschwernisse der tatsächlichen Unmöglichkeit der Leistung gleichstellt.

In diesem Zusammenhang ist dann weiterhin auf eine Entscheidung in einer Streitsache der Stadt Charlottenburg gegen einen Kaffeehausbesitzer hinzuweisen. Hier ist vom Kammergericht unter Billigung des Reichsgerichts der auf 10 Jahre abgeschlossene Stromlieferungsvertrag mit einem garantierten Mindestverbrauch von 40000 M deshalb für rechtsunwirksam erklärt, weil auf Grund der B.R.Ver. v. 11. 12. 1916 durch polizeiliche Verfügung die Beleuchtung der Cafés auf 50% herabgesetzt und die Reklamebeleuchtung gänzlich untersagt, auch die Polizeistunde um mehrere Stunden früher festgestellt wurde[9]).

Polizeirecht. Elektrizitätswerke und elektrische Bahnen gleichmäßig berührt ein Aufsatz von Hirschfeld[10]) über „die Stellung der elektrischen Starkstromleitungen im Polizeirecht des Königreichs Preußen". Der Verfasser grenzt zunächst das Anwendungsgebiet des landesrechtlichen Polizeirechts ab, indem er als Aufgabe der Polizei bezeichnet, die aus dem Bestande und Betriebe der

Starkstromanlagen herrührenden Gefahren für Leben und Eigentum der Allgemeinheit abzuwenden. Er behandelt sodann die allgemeinen polizeilichen Anforderungen und im besonderen die polizeilichen Anforderungen zum Schutze der Telegraphen- und Fernsprechlinien, und spricht weiter über die Wahrung der allgemeinen Interessen gelegentlich der Benutzung staatlicher Grundstücke und schließlich über die Enteignung.

Eine die vorstehend erwähnte Abgrenzung des Polizeirechts bestätigende interessante Entscheidung des Oberverwaltungsgerichts ist die vom 8. 11. 17; in ihr wird festgestellt, daß es nicht die Aufgabe der Polizei sei, den durch die Reichsgesetzgebung, insbesondere das Telegraphenwegegesetz vom 18. 12. 99 gewährleisteten behördlichen Schutz der in den Telegraphen- und Fernsprechlinien verkörperten öffentlichen Interessen gegen fremde Beeinflussung dieser Anlagen durch andere elektrische Anlagen wahrzunehmen. Die sich aus solcher Störung ergebenden Ansprüche seien vielmehr lediglich im Wege des Zivilprozesses zu verfolgen[11]).

Die Frage, ob Monteure, denen eine gewisse Anordnungs- und Aufsichtsbefugnis eingeräumt ist, der Angestellten-Versicherungspflicht unterliegen, ist durch Entscheidung des Oberschiedsgerichts mit Recht verneint worden[12]).

Elektrizitätswerke. Das stromliefernde Werk und der Stromabnehmer stehen in einem Vertragsverhältnis miteinander, das den Abnehmer verpflichtet, jeden Grad von Fahrlässigkeit zu vertreten. Hält er seine Anlagen nicht sachgemäß in Ordnung, so daß die Kraftwerksanlage dadurch Schaden erleidet, so hat der Abnehmer dem Kraftwerke den Schaden zu ersetzen[13]).

Die neu errichtete Stauanlage eines Elektrizitätswerks hatte einem unterhalb belegenen Mühlenbesitzer das Wasser entzogen. Seine Schadensersatzklage drang durch. Da die Stauanlage der gewerbepolizeilichen Genehmigung bedurfte, war auf Grund des § 26 G.O. eine Klage auf Unterlassung der Störung nicht zulässig, eine Wiederherstellung der Zuleitung des Wassers zur Mühle war zudem bei Fortbestand der Stauanlage unmöglich[14]).

Die Versicherung eines Elektrizitätswerks gegen Brand, Blitzschlag und Explosion jeder Art ausgenommen durch Sprengstoffe sichert das Werk nicht gegen die „Explosion“ des Rotors einer Turbodynamomaschine. Von Explosion im eigentlichen Sinne spricht man nur, wenn eine Spannung von Gasen oder Dämpfen die Kraftauslösung herbeiführt. Die sog. Schwungradexplosion ist den eigentlichen Explosionsschäden nicht zuzurechnen, sie ist ein Maschinenschaden[15]).

Die Einschränkung der Straßenbeleuchtung schränkt auch die Haftpflicht der Städte ein. Durch Zwangsmaßnahmen des Reichs ist es unmöglich geworden, für bessere Beleuchtung Sorge zu tragen. Die Umstände erhöhen vielmehr die Sorgfaltspflicht des Passanten. Die Haftpflicht der Stadt beruht auf ihrer Verpflichtung, für Verkehrssicherheit zu sorgen, nicht auf ihrer Eigenschaft als Betriebsunternehmerin[16]).

Straßenbahnen. Eine versuchte Eisenbahntransportgefährdung liegt vor, wenn jemand durch Steinwurf das Maschinenpersonal hat treffen wollen. Denn dadurch ist der Transport selbst einer Gefahr ausgesetzt gewesen. Das Gesetz erfordert nicht, daß die Hindernisbereitung auf der Fahrbahn selbst vorgenommen wird, es genügt, daß sie dort ihre Wirkung äußert[17]).

Der Führer eines Straßenbahnzuges, der sich nicht genügend überzeugt, daß die Strecke frei ist und beim Kreuzen eines Eisenbahngleises infolgedessen nicht nur den eigenen, sondern auch den Eisenbahntransport gefährdet, wird mit Recht auf Grund des § 316 Abs. 2 RStrGB. zur Verantwortung gezogen[18]).

Der Sturz eines Passanten auf der Brücke einer Kleinbahn, die für Fußgänger nicht bestimmt ist, bei Schneesturm und Dunkelheit macht die Bahn nicht deshalb schadensersatzpflichtig, weil die Brücke nicht mit Bohlen abgedeckt ist[19]).

In dem im JB 1917, S 19 erwähnten Rechtsstreit der AEG gegen den Steuerfiskus, der sich um die Frage dreht, ob ein von der AEG abgeschlossener Vertrag wegen Überlassung eines Elektrizitätswerks und einer el. Bahn als Pacht-

vertrag zu verstempeln sei, ist auch die reichsgerichtliche Entscheidung im Sinne des Fiskus ausgefallen[20]).

Über den vom Verbande Groß-Berlin mit den Berliner Straßenbahnen geschlossenen Vertrag vom 25. April 1918 wird von Przygode[21]) in der ETZ berichtet.

Fernsprechwesen. Bei einer Entscheidung des Reichsgerichts handelte es sich darum, wie die 25 km Luftlinie des § 3 des Reichstelegraphengesetzes zu berechnen sei. Das Landgericht hatte die Entfernung von der Fernsprechzentrale aus berechnet, das Kammergericht maß dagegen die unmittelbare Entfernung zwischen den beiden Werken, die am weitesten voneinander liegen. Die klagende Firma hatte darauf die Fernsprechanlage so einrichten lassen, daß die Werke nur mit der Zentrale, nicht untereinander verbunden waren, so daß jedes Gespräch derselben in der Zentrale weitergegeben werden muß. Der Auffassung des Kammergerichts, daß hierin eine Umgehung des Gesetzes liege, ist das Reichsgericht beigetreten und hat die Berechnungsart des Berufungsgerichts gutgeheißen[22]).

Die Bestimmung des RStrGB.s, daß wer bei fahrlässiger Körperverletzung eine Aufmerksamkeit, zu der er vermöge seines Gewerbes besonders verpflichtet ist, außer acht läßt, einer höheren Bestrafung unterliegt, findet auch auf einen Kaufmann Anwendung, der drei Anschlüsse hatte, die er häufig benutzte und durch zu starkes Kurbeln an seinem Fernsprechapparat die Körperverletzung der Telephonistin herbeiführte[23]).

Drahtlose Telegraphie. Über die rechtliche Lage des funkentelegraphischen Nachrichtenverkehrs in der Luftfahrt hat H. Thurn[24]) einen Aufsatz veröffentlicht. Der Internationale Funkentelegraphenvertrag von 1912 ordnet nur den funkentelegraphischen Verkehr auf hoher See und berücksichtigt vom Lande nur die Küsten. Für den Nachrichtenaustausch der festen Landstationen miteinander besteht noch kein vertraglicher Zwang. Die Regelung dieser Frage war der nächsten Konferenz, die 1917 in Washington stattfinden sollte, vorbehalten. Thurn erörtert nun, welche Grundsätze bei einer vertragsmäßigen Regelung des funkentelegraphischen Nachrichtenverkehrs in der Luftfahrt festgesetzt werden müßten, und stellt dafür Leitsätze auf.

Ausland. Nachdem 1914 bereits einmal dem österr. Parlament ein Entwurf für ein Elektrizitäts-Wirtschaftsgesetz vorgelegt war, hat das Arbeitsministerium im Februar 1918 einen neuen Entwurf eingebracht. Er enthält Bestimmungen über Elektrizitätsunternehmungen, für die der Konzessionszwang vorgesehen ist, denen er aber auch das Wege- und Zwangsbenutzungsrecht, in gewissen Fällen auch das Enteignungsrecht gewährt. Es folgen eingehende Vorschriften über staatliche Elektrizitätsförderung, die dem öffentlichen Interesse dienen soll. Dem Staat wird die Tarifhoheit und ein Anteil am Gewinn vorbehalten, ebenso das Ablösungs- und Heimfallsrecht. Neu eingeführt wird das Elektrizitätsbuch, ähnlich dem Bahnbuch. El. Eigenanlagen sind konzessionsfrei. Das Verfahren bei Verhandlungen und Erteilung der Konzession wird geordnet und die Vorkonzession, wie beim Eisenbahnkonzessionsgesetz, neu geschaffen. Weiter wird für Telegraphenanlagen, öffentliche und private, das Verfahren geregelt, Betriebs- und Vollzugsvorschriften gegeben und die Haftpflicht des Unternehmers umgrenzt. Die gewerberechtlichen Vorschriften über Arbeiterschutz werden auf Elektrizitätsanlagen übertragen, und zur Unterstützung der Behörden sollen Elektrizitätskommissionen von praktischen Sachverständigen bestellt werden[25]).

Gegen den Entwurf hat die Vereinigung österr. El.-Werke[26]) energisch Einspruch erhoben. Die Festsetzung des Leitungs- und Enteignungsrechts, das Elektrizitätsbuch und die El. Kommission finden Anerkennung, aber als Gegenleistung würden der Elektrizitätsindustrie schwere Pflichten auferlegt. Viele Bestimmungen zielten auf ein zukünftiges Staatsmonopol. Der Staat müsse sich auf die Errichtung von Großkraftwerken und auf die Abgabe von Energie im großen beschränken.

Über die österr. Wasserkräfte auf Grund des Wasserkraftkatasters handelt Seeliger[27]). Die Wasserkräfte stellen in Österreich eine sehr wertvolle und nie versiegende Quelle von Erzeugungskraft dar. Es wird die Einrichtung des Katasters, von dem 1909 das erste und bis jetzt im ganzen 6 Hefte erschienen sind, dargestellt.

Auch in Ungarn sind die ersten Ansätze für den Erlaß eines Elektrizitätsgesetzes zu verzeichnen. Dort muß jetzt noch von jeder einzelnen Gemeinde die Konzession eingeholt werden. Dadurch sind große Elektrizitätswerke bisher unmöglich geworden. Jetzt hat der Handelsminister die drei führenden Sachverständigen des Ungarischen Elektrotechnischen Vereins um Ausarbeitung eines Gesetzentwurfs über die Rechtsverhältnisse der Stromerzeugung, -verteilung und -verwertung ersucht[28]).

Fischer[29]) bringt in einem Aufsatz die schweizerische Gesetzgebung über die Beziehungen der Starkstromanlagen zu Schwachstromanlagen zur Darstellung mit dem Wunsche, daß die in der Schweiz gemachten Erfahrungen bei dem zu erwartenden deutschen Elektrizitätsgesetz entsprechende Berücksichtigung erfahren möchten. Das schweiz. Bundesgesetz vom 26. Juni 1889, das die Herstellung von Telegraphen- und Fernsprechlinien regelte, enthielt auch Bestimmungen über Starkstromanlagen, bei denen es in der Hauptsache dem deutschen Prinzip der Bevorrechtigung der älteren vorhandenen Anlagen folgte. Dies Gesetz ist abgelöst durch ein anderes vom 24. Juni 1902, welches das Prinzip der Priorität aufgegeben hat und die größere öffentliche Wichtigkeit der einen oder andern Anlage hervortreten läßt. Die Bevorzugung der Telegraphenanlage wird dadurch eingeschränkt, daß weniger wichtige Verbindungslinien auf Kosten des Bundes Drahtrückleitungen anlegen müssen. Im übrigen werden die Schutzmaßnahmen an derjenigen Anlage ausgeführt, wo sie am zweckmäßigsten und billigsten durchzuführen sind, und nur die Kosten werden auf die beiden in Betracht kommenden Anlagen verteilt. Das Gesetz regelt dann weiter die Frage, wer im Fall eines durch die Anlage herbeigeführten Schadens aufzukommen hat. Kommen mehrere Anlagen dabei in Betracht, so haften sie den Beschädigten gemeinschaftlich und haben die Verteilung des Schadens unter sich abzumachen. Die Haftung entspricht derjenigen, wie sie durch das Reichshaftpflichtgesetz für Eisenbahnen geregelt ist. Der Unternehmer kann sich durch den Nachweis befreien, daß der Unfall durch höhere Gewalt, durch Verschulden eines Dritten oder durch grobes Versehen des Getöteten oder Verletzten verursacht ist.

[1]) W. Coermann, Die Entwickelung des Elektrizitätsrechts 1913 bis 1918. El. Kraftbetr., S 57, 65. — [2]) R. G. XI C. S. v. 13. Nov. 1917, ETZ, S 121. — [3]) RGU v. 8. Febr. 1918, Jur. Wochenschr., S 552. — RGU v. 15. Okt. 1918, Jur. Wochschr. 1919, S 45. — Dazu die dort angeführten früheren Urteile und die Bemerkungen von Plum nebst dem dort angegebenen Schrifttum. — ETZ, S 121. — [4]) Mitt. Ver. EW, S 83. — [5]) Hachenburg, Mitt. Ver. EW, S 107. — [6a]) Cantor, ETZ, S 279. — [6b]) Eckstein, El. Anz. S 14. — [7]) Böckel, Wirkungen d. Kriegs auf Rechtsverhältnisse d. EW u. Gaswerke. München, Berlin, Leipzig, J. Schweitzer. — [8]) Ludewig, Kommunalwirtsch. u. -politik, Nr. 3 u. 4. — El. Kraftbetr., S 79. — [9]) ETZ, S 459. — [10]) Hirschfeld, Mitt. Ver. EW, S 61. — [11]) ETZ, S 439. — Mitt. Ver. EW, S 161. — Entsch. OVG., Bd 54, S 272. — [12]) Mitt. Ver. EW, S 66. — [13]) Mitt. Ver. EW, S 218. — [14]) RG-Entsch., Bd 90, S 47. — El. Kraftbetr., S 79. — [15]) ETZ, S 121. — [16]) Mitt. Ver. EW, S 83. — [17]) El. Kraftbetr., S 43. — [18]) RG-Entsch. v. 5. Febr. (5. D. 857/17); El. Kraftbetr., S 63. — [19]) RG-Entsch. v. 11. Febr. (VI. 401/17); El. Kraftbetr., S. 79. — [20]) RG-Entsch. v. 19. Okt. (VII. 200/17); El. Kraftbetr., S. 15. — [21]) Przygode, ETZ, S. 237. — [22]) RG-Entsch. v. 15. Febr. (IV. 422/16), Bd 89, S 409. — El. Kraftbetr., S 72. — [23]) OLG. Düsseldorf-Entsch. v. 16. Jan. — ETZ, S 151. — [24]) Thurn, ETZ, S 133. — [25]) Entwurf abgedruckt, El. Masch.-Bau, S 69, dazu ETZ, S 158. — [26]) Vereinigung österr. EW; Mitt. Ver. EW, S 183. — [27]) Seeliger, El. Masch.-Bau, S 285. — [28]) El. Masch.-Bau, S 23. — El. Kraftbetr., S 63. — [29]) Fischer, ETZ, S 213.

Technische Vorschriften und Normalien.

Von Generalsekretär Dr.-Ing. e. h. G. Dettmar.

Allgemeines über Normalisierung. Während in früheren Jahren die Ansichten über den Wert der Normalisierung weit auseinandergingen, haben sich die Verhältnisse im Laufe des Jahres 1918 wesentlich geändert. Durch die Bildung des Normenausschusses der deutschen Industrie ist das Verständnis für die große Bedeutung der Normalisierung bei der gesamten Industrie gefördert worden. — P. Wölfel[1]) hat in einer Arbeit auf die Bedeutung des Normenausschusses der deutschen Industrie für die Elektrotechnik hingewiesen, und Rüdenberg[2]) hat vorgeschlagen, die Normalisierung von Drehstromspannungen durchzuführen. Diese Anregung ist in allgemeinster Form für alle Stromarten gültig vom VDE aufgenommen worden, und es wird im nächsten Jahre über den Erfolg zu berichten sein. Grempe[3]) macht Angaben über die Vereinheitlichung der Anschlußbedingungen für die Groß-Berliner Elektrizitätswerke, die auf Anregung der Korporation der Kaufmannschaft zu Berlin erzielt worden ist.

Blitzableiter. Der Elektrotechnische Verein, der Verband Deutscher Elektrotechniker, der Verband Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, der Berliner Architekten-Verein und der Deutsche Verband von Gas- und Wasserfachmännern haben einen Ausschuß für Blitzableiterbau eingesetzt, der Regeln für die Herstellung von Gebäudeblitzableitern festsetzt und zunächst Richtlinien für die Herstellung einfacher Blitzableiter und für die Auswechslung kupferner Blitzableiter herausgegeben hat[4]).

Normalien des VDE. Auch in diesem Jahre standen die Arbeiten des VDE noch fast ganz unter dem Einfluß des Krieges, als Fortsetzung des schon seit 1915 durchgeführten Ersatzes knapp gewordener Baustoffe. — Die Draht- und Kabelkommission hat neue Normalien für Leitungen mit imprägnierter Papierisolierung eingeführt[5]), während die Kommission für Installationsmaterial mehrfach Änderungen an den früher erlassenen Ausnahmebestimmungen vorgenommen hat[6]). — Die Maschinennormalien-Kommission hat ihre früher herausgegebenen Vorschriften über die Verwendung von Ersatzmetall bei elektrischen Maschinen und Transformatoren geändert und namentlich bezüglich der Transformatoren durch Einführung von Aluminium ergänzt[7]). — Auch die Zählerkommission hat ihre früher aufgestellten Bestimmungen einer Durchsicht unterzogen[8]). — Nach Abschluß des Waffenstillstands hat der VDE noch darauf hingewiesen, daß die für die Dauer des Krieges aufgestellten Ausnahmebestimmungen schon von Anfang an als für eine angemessene Zeit nach dem Kriege noch gültig vorgesehen waren[9]). Dementsprechend sind die zur damaligen Zeit gültigen Ausnahmebestimmungen zunächst noch weiter in Geltung geblieben, aber es ist eine gründliche Revision derselben eingeleitet worden zur Erzielung eines allmählichen Abbaues.

Österreich. Auch in Österreich machten die Normalisierungsbestrebungen im Jahre 1918 erhebliche Fortschritte. Die Vereinheitlichung der Periodenzahl und Spannungen wurde dort gleichfalls in Angriff genommen[10]). Die in den letzten Jahren aufgestellten Kriegsbestimmungen wurden weiter abgeändert bzw. ergänzt, und zwar durch einen 7. und 8. Anhang zu den Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen, in welchem Kriegsbleikabel und die Wahl geringer Querschnitte bei blank geführten Freileitungen behandelt wurden[11]). In einem 9. Anhang wurde die Einschränkung der Verwendung von Gummihandschuhen behandelt[12]), und es wurde eine Änderung des 4. Anhanges betr. isolierte Leitungen, Isolation PU und PG bekanntgegeben, und in einem 10. Anhang wurden noch Bestimmungen betreffend Verwendung von Aluminium minderer Leitfähigkeit gemacht[13]).

Schweiz. Der Bundesrat hat eine Verfügung erlassen betreffend Erleichterung bei der Führung von Schwachstromleitungen[14]). Diese Bestimmungen

stellen eine Ausnahme vom Art. 29 der Vorschriften vom 24. 2. 1908 dar. — Auch in der Schweiz haben sich, veranlaßt durch den Materialmangel, Ausnahmebestimmungen zu den bestehenden Vorschriften notwendig gemacht, und es sind solche vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein erlassen worden betreffend armierte Isolierrohre, Erdung in Hausinstallationen, Sicherungen in betriebsmäßig geerdeten Leitungen, Schalter beim Anschluß transportabler Stromverbrauchseinrichtungen und bezüglich des Querschnitts isolierter Leitungen in Hausinstallationen[15]).

England. In England hat während des Krieges der Gedanke der Normalisierung bedeutende Fortschritte gemacht. Genaue Angaben liegen zurzeit noch wenig vor, doch ersieht man aus den hierher gelangten Mitteilungen, daß die Normalisierung dort in großem Maße durchgeführt worden ist. Garrard[16]) hat darauf hingewiesen, daß eine weitergehende Normalisierung in England unbedingt notwendig ist und auf das Vorgehen Amerikas hingewiesen. Er[17]) hat auch Vorschläge für weitgehende Normalisierung von Schaltapparaten gemacht. — Trotter[18]) berichtet über die Fortsetzung der schon 1910 begonnenen Arbeiten betr. Festlegung der wichtigsten Fachausdrücke.

Frankreich. Durch Verfügung des Präsidenten wurde eine offizielle Normalienkommission für Frankreich gegründet, die eine umfangreiche Tätigkeit sofort aufgenommen hat[19]). — Es wurden Normalien über Stromart, Frequenz und Spannungen bei Verteilungsanlagen bearbeitet[20]). — Die Lampenfüße mit Edisongewinde werden vereinheitlicht, wobei das diesbezügliche Material aller anderen Länder auf das eingehendste berücksichtigt wird. Es wird daraufhin ein Vorschlag für eine neue Vereinheitlichung der Lampenfüße gemacht[21]). — Des weiteren ist eine Vereinheitlichung der Kohlenbürsten für Elektromotoren (ausgeschlossen Bahnmotoren[22])) und eine Normalisierung der Abmessungen der Wellenenden von Elektromotoren[23]) durchgeführt worden. — Ebenso wurde eine Normalisierung von Leistung und Drehzahl für Generatoren, die in Verbindung mit Wasserturbinen arbeiten, vorgenommen[24]).

1) Wölfel, ETZ, S 333. — 2) Rüdenberg, ETZ, S 233, 350. — 3) Grempe, Helios Fachz., S 237. — 4) ETZ, S 289. — 5) ETZ, S 260. — 6) ETZ, S 159. — 7) ETZ, S 190, 267. — 8) ETZ, S 71. — 9) ETZ, S 493. — 10) El. Masch.-Bau, S 529. — 11) El. Masch.-Bau, S 13. — 12) El. Masch. Bau, S 23, 237. — 13) El. Masch.-Bau, S 401, 559 — 14) Bull. Schweiz, E V., S. 81. — 15) Bull. Schweiz., E.V., S 189. — 16) Garrard, El. Masch.-Bau, S 57. — 17) Garrard, El. Rev. (Ldn) Bd 82, S 197, 237, 335. — 18) Trotter, El Rev. (Ldn), Bd 82, S 268. — 19) Rev. Gén. El. Bd 4, S 65. — 20) Rev. Gén. El. Bd 3, S 745. — 21) Rev. Gén. El. Bd 4, S 9, 39, 73, 105. — 22) Rev. Gén. El. Bd 4, S 115. — 23) Rev. Gén. El. Bd 3, S 543, 837. — 24) Rev. Gén. El. Bd 3, S 808.

A. Elektromechanik.

II. Elektromaschinenbau.

Allgemeines. Von Professor Dr. Ludwig Binder, Darmstadt. — Gleichstrommaschinen. Von Oberingenieur Dr. Fr. Leyerer, Berlin. — Wechselstromerzeuger und Synchronmotoren. Von Dr.-Ing. Franz Hillebrand, Berlin. — Induktionsmotoren. Von Oberingenieur W. Zederbohm. — Wechselstrom-Kommutatormotoren. Von Oberingenieur M. Schenkel, Berlin. — Drehumformer und Gleichrichter, Elektromagnete, Transformatoren. Von Privatdozent Dr. Max Breslauer, Berlin. — Maschinenmessungen. Von Oberingenieur Leo Schüler, Berlin. — Betrieb: Regelung, Parallelbetrieb, Ein- und Ausschalten (Verfahren). Von Oberingenieur Leo Schüler, Berlin. — Anlasser, Regulierschalter, Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin.

Allgemeines.

Von Professor Dr. Ludwig Binder.

Die Maschinenerzeugung wurde in weitgehendstem Maße beeinflußt durch die Anforderungen für Kriegszwecke; so sind insbesondere Spezialmotoren für Gleichstrom von beträchtlicher Gesamtleistung gebaut worden. Aber auch in den anderen Zweigen sind besondere Leistungen zu verzeichnen. Trotz der schwierigen Kriegsverhältnisse ist es gelungen, die großen Generatoren für 60000 kVA, die die AEG und die SSW in Auftrag hatten, fertigzustellen[1]). Da diese Leistung in einer Maschine erzeugt wird, übertreffen diese Einheiten an Größe ganz erheblich die größten bisher in Amerika gebauten Maschinen. Trotz der verhältnismäßig hohen Drehzahl von 1000 Umdr./min ergaben sich gewaltige Abmessungen und Gewichte, so daß Bearbeitung, Prüfung und Beförderung ganz außergewöhnliche Maßnahmen erforderten.

Über die Fortschritte in der amerikanischen Elektroindustrie im Jahre 1917 berichtet J. Liston[2]) (vgl. S. 29).

Theorie. Bei dem von Fleischmann[3]) angegebenen neuen Wicklungsschema werden die Stäbe in der Reihenfolge nebeneinander aufgezeichnet, wie sie unmittelbar nacheinander der Strom durchfließt. Ein derartiges Schema gibt einen guten Einblick in die elektrischen Verhältnisse; Stromverlauf, kurzgeschlossene Windungen, Anschlußstellen für Ausgleichleitungen und, worauf H. Roth[4]) besonders hinweist, die erforderliche Bürstenbreite bei Reihen-Parallelschaltung, sind damit leicht festzustellen.

Anläßlich des 10jährigen Jubiläums der Arbeit von Rogowski und Simons über „doppelt verkettete Streuung" weist Sumec[5]) an Hand seiner früheren Arbeiten darauf hin, daß er bereits 1904 diese Erscheinung gekannt und berechnet hat.

In einer allgemeinen Untersuchung von V. Karapetoff[6]) über symmetrische Systeme von beliebig vielen Phasen wird gezeigt, welche höheren Harmonischen in den verschiedenen Fällen vorhanden sein können, welche Harmonischen

Anlaß geben zu Ausgleichströmen, wann Nullpunkts-Pulsationen auftreten; außerdem werden die magnetomotorischen Kräfte einer Vielphasenwicklung untersucht und Formeln abgeleitet für die Ordnungszahlen derjenigen Harmonischen, die umlaufende und die pulsierende Felder erzeugen.

M. Walker[7]) beschreibt die verschiedenen Methoden, die für Entnahme von Einphasenstrom aus Drehstromnetzen in Frage kommen, insbesondere für die Versorgung elektrischer Schmelzöfen. Dabei ist für den Einphasenkreis wegen der eingefügten Drosselspule etwa mit $\cos\varphi = 0{,}7$ zu rechnen. Bei der Umformung muß daher angestrebt werden: erstens gleiche Belastung in den Zweigen des Drehstromnetzes und zweitens möglichst $\cos\varphi = 1$ darin. Beide Forderungen sind leicht beim Motorgenerator zu erfüllen, diese Anordnung ist aber teuer und schlecht im Wirkungsgrad. Es wird daher ein neuartiger Umformer empfohlen, d. i. ein Synchronmotor mit einer Drehstromwicklung und einer am Nutengrund liegenden Einphasenwicklung. Um für letztere möglichst große Streuung zu erzielen (Ersatz der Drosselspule), sind die Nuten auf der zwischen beiden Wickelungen freibleibenden Strecke stark verengt. Die so entstehenden Ansätze tragen eine Hilfswicklung, die zum Zwecke des Lastausgleichs in die Drehstromzweige geschaltet ist.

Die Methoden, die angewendet werden, um die Remanenz zu vermindern und ihre schädlichen Wirkungen bei Anlaßmaschinen zu beseitigen, stellt A. Mandl[8]) zusammen. Danach kommen in Frage: übergelagerte Wechselmagnetisierung des Joches, Ablenkung des Remanenzfeldes durch Brücken zwischen den Polspitzen und besondere Schaltungen für Gegenerregung.

Zur Vermeidung des Kollektors an elektrischen Maschinen schlägt Pestarini[9]) eine Anordnung vor (FP 483168), bei der ruhende Wickelungen durch einen umlaufenden Verteiler umgeschaltet werden.

Die dynamische Theorie von elektrischen Maschinen behandelte L. B. Atkinson[10]) in einem Vortrag. Unter elektrischen Maschinen sind dabei ganz allgemein Anordnungen verstanden, die elektrische, magnetische oder elektromagnetische Energie in mechanische Arbeit umsetzen können. Als Beispiele seien genannt: zwei Körper, die nach elektrischer Aufladung sich nähern können, wobei mechanische Arbeit frei wird, oder eine Spule mit beweglichem Eisenkern, der auch Arbeit zu leisten vermag, wenn er der Anziehung folgen kann. Es wird für solche Anordnungen der Wirkungsgrad, d. i. das Verhältnis der mechanischen Arbeit zur ursprünglichen elektrischen oder magnetischen Energie, berechnet.

Berechnung. Für die Bestimmung des magnetischen Widerstandes für den Luftspalt von Nutenankern sind eine Reihe von Methoden üblich; K. Metzler[11]) führt einen kritischen Vergleich durch, indem er für die wichtigsten Fälle die Kraftlinienbilder nach Lehmann aufzeichnet. Es sei darauf hingewiesen, daß für diese Aufgabe bereits die streng mathematische Lösung vorliegt; die darauf gegründete Formel gibt Osanna, Starkstromtechnik, 2. Aufl, S 449 an.

Für den Fall, daß der Läufer und der Ständer Nuten hat, ist nach F. W. Carter[12]) der Übergangswiderstand angenähert nach der einfachen Formel zu bestimmen $k = k_1 k_2$. Dabei stellt k den Faktor dar, mit dem der wirkliche Luftspalt multipliziert werden muß, um einen ideellen Luftspalt mit gleichwertigem magnetischem Widerstand zu erhalten; k_1 ergibt sich sinngemäß unter der Annahme, daß nur der Ständer Nuten, k_2 unter der Annahme, daß nur der Läufer Nuten hat.

Über die Verteilung der Induktion im Querschnitt von Eisenringen wurden Versuche von A. E. Kennelly und P. L. Alger[13]) ausgeführt.

Die Gesetze für das Wachsen der Maschinenleistung bilden den Gegenstand einer Arbeit von M. Vidmar[14]). Es ist darin angenommen, daß Drehzahl, Strom- und Felddichten unverändert bleiben. Für geometrisch ähnliche Maschinen steigt dann z. B. die Leistung, wie schon früher von B. Zavada[14]) berechnet, mit der vierten Potenz der Abmessungen, das Gewicht mit der dritten Potenz, also abhängig von der Leistung mit der Potenz $^3/_4$. Ferner ist ange-

geben, wie die prozentualen Verluste steigen, der Magnetisierungsstrom und andere interessierende Größen sich ändern. Die Gesetze können nur jeweils innerhalb gewisser Grenzen gelten, da z. B. nicht die Nutentiefe oder der Luftspalt beliebig mit dem Ankerradius vergrößert werden können.

Bei der Umrechnung von Maschinen auf andere Verhältnisse wird nach A. Fischer[15]) mit Vorteil eine graphische Methode benutzt. Es werden dann zeitraubende, immer wiederkehrende Rechnungen vermieden, außerdem läßt sich dabei leicht der Einfluß der einzelnen Bestimmungsgrößen übersehen.

Über die zulässige Ausnutzung von Maschinen mit Wicklungen aus Metallen geringer Leitfähigkeit liegt eine eingehende Untersuchung von J. Rothbauer[16]) vor. Die Modelle sollen dabei unverändert bleiben, auch hinsichtlich Zahl und Abmessungen der Nuten, so daß lediglich die Wicklung aus anderem Metall hergestellt wird. Für die Praxis ist das natürlich der einfachste Weg. Unter Voraussetzung gleicher Windungszahlen und Querschnitte ist für Transformatoren die zulässige Leistung, Spannungsabfall, Wirkungsgrad berechnet und in Schaulinien dargestellt. Bei Gleichstrommaschinen müssen mit Beibehaltung der Ankerwindungszahl auch die vollen Erreger-Amperewindungen untergebracht werden. Es wird nachgerechnet, in welchem Maß der Wickelraum vergrößert werden muß. Danach müßten, wenn die Maschinen nicht schon von Haus aus sehr knapp waren, Aluminiumspulen untergebracht werden können, bei Zinkspulen ist Verlängerung der Schenkel in radialer Richtung nicht zu umgehen. An Innenpolmaschinen sind selbst bei Verwendung von Aluminium die Spulen für volle Erregung im allgemeinen nicht mehr unterzubringen, so daß die Ankerwindungszahl erhöht werden muß. Bei Drehstrommotoren ergibt die Beibehaltung der Windungszahl keine günstigen Verhältnisse, es werden verschiedene Entwürfe zur Ermittelung der günstigsten Ausführung durchgerechnet.

Die Eigenschaften der Kohlenbürsten, ihren Einfluß auf den Entwurf und die Arbeitsweise von elektrischen Maschinen behandelt P. Hunter-Brown[17]) in einem Aufsatze. Danach kommen hauptsächlich in Frage: Graphit-, Kohlen-, Elektrographit- und Kupfergraphitbürsten. Es werden Werte angegeben für spez. Widerstand, Spannungsabfall, Wärmeleitfähigkeit, Reibung, Härte und Abnutzung, um danach die Auswahl für die einzelnen Fälle vornehmen zu können. Sodann sind die Gesichtspunkte aufgeführt, die für das gute Arbeiten der Bürsten wesentlich sind wie: Abmessungen der Bürsten, Anstellwinkel, Einschleifen, einheitliche Besetzung der Bolzen, axiales Versetzen, Ausführung der Halter, Zustand des Kollektors und der Schleifringe.

Verluste. Einen wertvollen Beitrag zum Kapitel Verluste bildet die Arbeit von L. Dreyfus[18]) über Wirbelstromverluste in massiven Ankerleitern bei Leerlauf. Man hat in der Praxis schon oft beobachtet, daß die Leerlaufsverluste stark ansteigen, wenn die Zahnsättigung gewisse Werte überschreitet. In solchen Fällen bildet sich ein starkes pulsierendes Nutenquerfeld aus, das in den Ankerleitern Wirbelstromverluste verursacht. Die vorliegende Untersuchung führt zu recht interessanten Ergebnissen, so z. B., daß die Verluste nur zunächst quadratisch mit der Periodenzahl ansteigen, später proportional und schließlich noch weniger schnell anwachsen, daß unter Umständen bei einer gewissen Stabhöhe ein Maximum der Verluste und darüber hinaus eine Abnahme eintritt, wie in Abb. 1 (red. Stabhöhe in cm) dargestellt

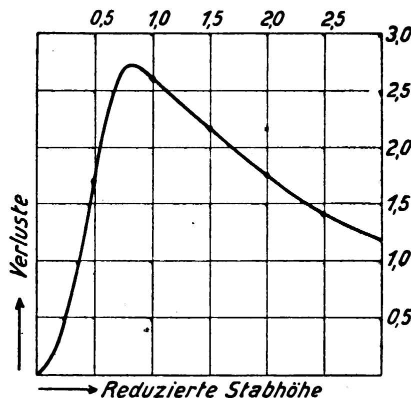


Abb. 1. Wirbelstromverluste in vollen Ankerleitern.

ist. Mancher scheinbare Widerspruch von Messungen an Maschinen klärt sich damit auf. Erfreulicherweise findet L. Dreyfus allmählich eine solche Art der Darstellung, daß auch die Ingenieure der Berechnungsbureaus sich an das Studium seiner Arbeiten wagen können.

M. Latour[19]) gibt auf Grund von Berechnungen Formeln für die Eisenverluste bei Hochfrequenz. Die Wirbelstromverluste sind nach strengen Methoden zu berechnen; bei der Berechnung der Hystereseverluste ist angenommen, daß ein konstanter Verschiebungswinkel zwischen Induktion und erregender Feldstärke sich einstellt. Es wird auch abgeleitet, welche Dicke die Bleche in Hochfrequenzapparaten haben sollen, damit die Eisenverluste ein Minimum werden, und welche Phasenverschiebung in eisenhaltigen Drosselspulen zu erwarten ist.

Erwärmung. J. Fischer-Hinnen[20]) berichtet über seine Erfahrungen über die Erwärmung von Maschinen und Transformatoren und gibt auch Rechnungswerte für den Wärmeübergang bei Luft-, Öl- und Wasserkühlung. Er weist darauf hin, daß diese Werte hauptsächlich für umlaufende Maschinenteile in weiten Grenzen schwanken, und daß daher besondere Erfahrungen bei der Auswahl nicht zu entbehren sind. Wie der Berichterstatter in einer früheren Arbeit dargelegt hat (s. JB 1912, S 21), lassen sich die vielen Umstände, die auf die Luftförderung und ihre Kühlwirkung von Einfluß sind, zahlenmäßig fassen; bei der hohen Ausnutzung moderner Maschinen bleibt nichts weiter übrig, als Schritt für Schritt die Wirkungsweise der Kühlluft auf ihrem Wege durch die Maschine zu verfolgen. Für eine Reihe praktischer Fälle gibt Fischer-Hinnen auch Beispiele für die Berechnung, und zwar sowohl für Dauerbetrieb als intermittierenden Betrieb.

Bei den Maschinen mit großer Ankerlänge spielt die Temperaturverteilung längs der Stäbe eine wichtige Rolle. G. Perrin[21]) weist auf einige bemerkenswerte Beziehungen hin, wonach sowohl der höchste wie der mittlere Temperaturanstieg in axialer Richtung einfach zu bestimmen ist aus den Temperaturen, die sich errechnen, wenn man einmal nur radiale Wärmeableitung, das andere Mal nur Leitung in der Stabrichtung annimmt.

M. Vidmar[22]) schlägt vor, die Erwärmungsvorschriften durch Angaben über die zulässige Temperatur t_i des heißesten Punktes im Innern von Magnetspulen zu ergänzen. Da diese Temperatur ohne besondere Vorkehrungen nicht zu messen ist, soll sie berechnet werden, indem man zur Mitteltemperatur t_m aus Widerstandsmessung noch den Unterschied gegenüber Thermometermessung t_a, also den Wert $t_m - t_a$ hinzuschlägt. Diese Art der Berechnung gibt, wie auch aus den Untersuchungen von Rogowski[23]) und denen des Berichterstatters (s. JB 1913) hervorgeht, im allgemeinen die obere Grenze für t_i. Ein Hauptbedenken gegen die an sich erwünschte Ergänzung dürfte sein, daß gerade bei den modernen, halb oder ganz gekapselten Maschinen eine gute Thermometermessung nicht ohne weiteres auszuführen ist und jeder Fehler darin t_i irreführend in die Höhe treibt. Bei Abnahmeproben dürften sich daher leicht Streitigkeiten ergeben. Es sei auch bemerkt, daß der von den Verbandsnormalien zugelassene Höchstwert für die Mitteltemperatur aus Widerstandsmessung noch nicht die wirkliche Grenze darstellt.

Bei intermittierendem Betrieb wird häufig der effektive Mittelwert des Stromes für die Auswahl des Motors zugrunde gelegt. G. Gut[24]) weist darauf hin, daß unter Umständen die Spitzen der Temperaturkurve beträchtlich über dem Mittelwert liegen können und schlägt ein Verfahren zur schnellen Bestimmung der genauen Temperaturlinie vor, wobei die langwierigen Rechnungen durch Gebrauch einer besonderen Rechentafel vermieden werden. Dabei müssen die Zeitkonstanten des Motors für Stillstand und für Lauf bekannt sein und die Kurve der Endtemperaturen, die sich für beliebige Belastungen einstellen würden, gegeben sein. Es wird daher vorgeschlagen, daß die Firmen in ihren Listen diese Bestimmungsstücke an Stelle der zulässigen Leistungen für 10, 30, 60 und 90 Minutenbetrieb geben. Die Notwendigkeit der genaueren Berechnung wird

besonders für Bahnmotoren dargelegt. Bei manchen Typen mit starker Lüftung geht die Zeitkonstante bis nahe auf ½ Stunde herunter, so daß die Stundenleistung nur mehr 8% über der Dauerleistung liegt. Die Beurteilung nach der Stundenleistung würde daher zu Irrtümern führen.

Das Bestreben, bei vollständig geschlossenen Motoren eine bessere Ausnutzung zu erzielen, hat zu einer bemerkenswerten Kühlanordnung geführt. Die „Emcol“-Motoren der Enclosed Motor Co. (London)[25]) haben zunächst einen inneren Luftumlauf, wobei die Luft in axialer Richtung durch und über den Läufer streicht und dann in entgegengesetzter Richtung durch den Ständer zurückfließt; außerdem besitzen sie sog. Mantelkühlung, indem durch ein zweites Lüfterrad Außenluft über die Oberfläche oder durch besondere Kühlkanäle im Mantel getrieben wird. Die Leistung kann dadurch bis zu der der normalen offenen Ausführung und darüber gesteigert werden. Es sei darauf hingewiesen, daß nach diesem System gekühlte Motoren seit Jahren schon von den SSW[26]) gebaut werden.

W. Bethge[27]) weist auf die Überlegenheit der sich selbst lüftenden Motoren über die gekapselten Motoren für Bahnbetriebe hin. An einem 30 kW-Motor wurden für beide Ausführungsarten und verschiedene Betriebsbedingungen die zulässigen Verluste und Leistungen genau nachgerechnet. Der gelüftete Motor kann danach für annähernd das doppelte Zuggewicht verwendet werden. Für gleiche Leistung würde der sich ergebende Motor natürlich viel leichter werden und sich im Preis auf $^2/_3$ bis ¾ des Betrages für den geschlossenen Motor stellen.

Die Beschaffung der Kühlluft für die Turbogeneratoren ist ein Punkt, dem beim Entwurf der Kraftanlagen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muß. Die Luft aus dem Maschinenhaus enthält Öldampf, der die Maschine verschmutzt und die Lebensdauer der Wicklung herabsetzt. L. H. Parker und J. J. Prebbe[28]) empfehlen die Ventilationsluft zu reinigen und zu kühlen dadurch, daß sie in einer besonderen Kammer einem Wassersprühregen ausgesetzt wird. Durch Herabsetzung der Temperatur der Kühlluft kann die Leistung des Generators erheblich gesteigert werden, wie aus folgenden Zahlen hervorgeht:

Eintrittstemperatur:	5,	15,	25,	35°,
Leistung:	123,	112,	100,	82%.

Als weiterer Vorteil wird angeführt, daß die Gefahr des Ausbrennens sehr vermindert ist und daß die häufige Reinigung des Generators, wobei dieser jedesmal längere Zeit betriebsunfähig ist, fortfallen kann. Nähere Angaben über den Aufbau der Waschapparate werden gemacht. Es sollen bereits viele Ausführungen vorhanden sein. — In das gleiche Gebiet fällt die Mitteilung „Über die Reinigung der Luft“ in El. Rev. (Ldn.)[29]).

Mechanische Konstruktion. W. Knight[30]) entwickelt Formeln für die Beanspruchung von Rotoren durch die Zentrifugalkraft der eigenen Massen und der in die Nuten eingebetteten Spulen, und zwar sowohl für Aufbau der Rotoren aus Blechen oder Platten auf einer Welle, als auch für Anordnung ohne durchgehende Welle. — Die Gesichtspunkte, die beim Entwurf der Kappen zu berücksichtigen sind, werden in einer Arbeit von R. Roberts[31]) behandelt. Um bei Schleifringen von sehr hoher Umfangsgeschwindigkeit Kupfer verwenden zu können, wird nach einem Vorschlage von W. Gscheidlen[32]) eine Spirale aus hartgewalztem Kupferband als Belag aufgewickelt.

Den Bau von Kleinmotoren zum Bohren und Polieren beschreibt M. E. Hoag[33]). Es kommen dabei Drehzahlen an der Arbeitsspindel bis zu 50000 Umdr./min in Frage, die durch einmalige Übersetzung mittels Riemenantrieb erreicht werden. Um bei der hohen Geschwindigkeit einwandfreien Lauf zu erzielen, wird zur Prüfung des guten Sitzes der Kugellager eine besondere Vorrichtung verwendet. Ebenso muß das dynamische Auswuchten mit großer Sorgfalt vorgenommen werden. — Der geräuschlose und erschütterungsfreie Lauf spielt im modernen Maschinenbau eine wichtige Rolle, so daß man gezwungen ist,

alle schnellaufenden Maschinen auszuwuchten. — Von Lawaczek[34]) wurde ein besonderes Verfahren angegeben, nach dem mit Hilfe besonderer Maschinen zwangsläufig die Größe und Lage der Zusatzgewichte ermittelt werden kann. Der Zusammenhang zwischen den theoretischen Grundlagen, auf denen die Arbeitsweise der Auswuchtmaschinen nach diesem Verfahren beruht, und den praktischen Ergebnissen wurde von H. Heymann[35]) in seiner Dissertation untersucht.

[1]) Mitt. AEG, S 49. — [2]) J. Liston, Gen. El. Rev. Bd 21, S 4. — F. Niethammer, El. Masch.-Bau, S 176. — [3]) L. Fleischmann, ETZ, S 67. — [4]) H. Roth, ETZ, S 149. — [5]) J. Sumec, El. Masch.-Bau, S 445. — [6]) V. Karapetoff. El. World Bd. 71, S. 660. — [7]) M. Walker, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 682, 710. — [8]) A. Mandl, El. Masch.-Bau, S 469. — [9]) Pestarini, Rev. Gén. El., Bd. 3, S. 656. — [10]) L. B. Atkinson, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 616. — [11]) K. Metzler, Helios Fachz., S 273. — [12]) F. W. Carter, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 400. — [13]) A. E. Kennelly u. P. L. Alger, Electr. (Ldn) Bd 80, S 855. — [14]) M. Vidmar, El. Masch.-Bau, S 149; B. Zavada u. M. Vidmar, S 216, 356. — [15]) A. Fischer, El. Masch.-Bau S 497. — [16]) J. Rothbauer, El. Masch.-Bau, S 433. — [17]) P. Hunter-Brown, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 720, 738. — [18]) L. Dreyfus, Arch. El. Bd 6, S 327. — [19]) M. Latour, Rev. Gén. El. Bd. 3, S 539. — [20]) J. Fischer-Hinnen, El. Masch.-Bau, S 205, 217. — [21]) G. Perrin, Rev. Gén. El. Bd. 3, S 643. — [22]) M. Vidmar, El. Masch.-Bau, S 49, 64. — [23]) W. Rogowski, Arch. El. Bd 7, S 41. — [24]) G. Gut, Bull. Schweiz. EV, S 35. — [25]) Enclosed Motor Co., Electr. (Ldn.) Bd 80, S 578. — [26]) Siemens-Schuckertwerke, ETZ, S 499. — [27]) W. Bethge, El Kraftbetr., S 281. — [28]) L. H. Parker u. J. J. Prebbe, El. World Bd 71, S 564. — [29]) El. Rev. (Ldn.) Bd 80, S 135. — [30]) W. Knight, El. World Bd 71, S 91. — [31]) R Roberts, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 576, 607. — [32]) W. Gscheidlen, DRP 243 286. — El. World Bd 71, S 95. — [33]) M. E. Hoag, American Machinist, Bd 47, S 925. — [34]) Lawaczek, Helios Fachz., S 94, 172. — [35]) H. Heymann, ETZ, S 50.

Gleichstrommaschinen.

Von Oberingenieur Dr.-Ing. Fr. Leyerer.

Theoretisches. Denton[1]) bringt in einer längeren Abhandlung Bekanntes über die vorkommenden Gleichstromwicklungen; besonders zeigt er, wie alle Wicklungen sich von der Grammeschen Ringwicklung ableiten lassen. Zuschriften von Maccall, Nims und Denton. — Unger[2]) berechnet Länge und Streuung der Stirnverbindungen von Gleichstromankern für die Ermittlung der Stromwendespannung. Er findet, unter einigen vereinfachenden Annahmen, für die Streuleitfähigkeit auf 1 cm Leiterlänge (λ_s) folgende Formel, die für Benutzung des Rechenschiebers geeignet ist:

$$\lambda_s = 0{,}35 \left(\log \frac{l_s}{r} + \frac{l_s}{\tau_p} - 1\right).$$

Dabei ist l_s die Länge einer Stirnverbindung, τ_p die Polteilung und r der Radius des auf Kreisfläche umgerechneten Querschnittes der Stirnverbindung. Für ausgeführte Maschinen ohne Metallkappen oder dicke Stahl- oder Bronzedrahtbandagen ergeben sich hieraus Werte zwischen 0,6 und 1,05, während der in der Praxis bisher häufig gebrauchte Mittelwert bekanntlich 0,8 beträgt. — Richter[3]) veröffentlicht eine Berichtigung zu einer Arbeit aus dem Jahre 1914 (JB 1914, S 33), betreffend Bestimmung der Breite der Wendezone bei mehrgängigen Ankerwicklungen.

In einem Bericht über eine Abhandlung von Martindale[4]) aus dem Jahre 1917 wird auf die durch ungleiche Bürstenteilung hervorgerufenen Ausgleichströme zwischen gleichnamigen Bürstenbolzen hingewiesen. Es werden Mittel zur genauen Einstellung der Bürsten, auch mittels Aufnahme der Bürsten-

spannung, angegeben; ferner wird der Einfluß der Bürstendicke auf die Kommutation besprochen.

Sveinsson[5]) gibt Anweisungen zur Ermittlung der Charakteristiken von Hauptstrommotoren bei geschwächtem Feld auf Grund der Meßergebnisse bei vollem Feld. Laut Verfasser findet das Verfahren wegen seiner Einfachheit bei Bahnmotoren vielfach Anwendung. — In einer längeren Abhandlung bespricht Hague[6]) die Faktoren, welche die maximale Leistungsfähigkeit der Gleichstrommaschine bei gegebener Geschwindigkeit bestimmen. Er behandelt nacheinander Erwärmung, Kommutation, Kommutatorkonstruktion, maximale Spannung, Segmentspannung und Überschlag; ferner maximalen Strom, Bürstendicke, Stromdichte, Verteilung des Stromes zwischen den einzelnen Bürsten, Qualität der Bürsten, Reaktanzspannung, Polzahl und Nutenform. Zum Schluß gibt er für kompensierte Maschinen in den Kurven der Abb. 2 die nach seiner Ansicht zur Zeit möglichen maximalen Leistungen in Abhängigkeit von der Drehzahl, und zwar bei verschiedenen Spannungen. Die Kurven sind Hyperbeln, so daß für jede Spannungsklasse das Produkt aus Leistung und Drehzahl konstant ist. — Kellog[7]) veröffentlicht Kurven über Ankerlänge und Ankerdurchmesser, abhängig von Leistung und Drehzahl, für den Entwurf von Kleinmotoren.

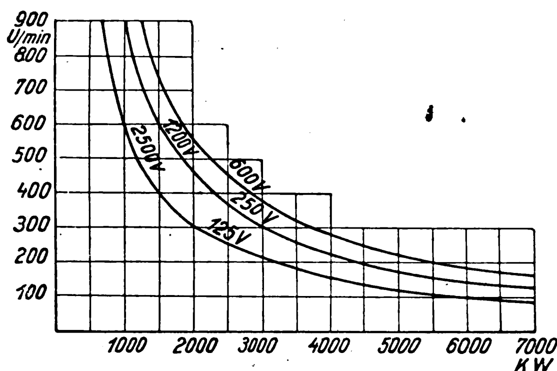


Abb. 2. Maximalleistungen der Gleichstrommaschinen.

Walker[8]) und Bergman[9]) beschreiben die Wirkungsweise einer Maschine der Gen. El. Co. für konstante Spannung bei veränderlicher Drehzahl. Sie hat (Abb. 3) doppelt so viele Feldpole als Ankerwicklungspole und eine dritte Bürste, die Erregerbürste. Von den beiden Kraftflüssen ist der Hauptkraftfluß gesättigt, der Querkraftfluß wenig gesättigt. Jener liefert deshalb eine der Drehzahl proportionale Spannung zwischen den Bürsten A und B, an welche auch die beiden Erregerwicklungen angeschlossen sind. Der Querkraftfluß induziert eine quadratisch mit der Drehzahl ansteigende Spannung zwischen den Bürsten B und C. Die Klemmenspannung zwischen den Bürsten A und C ist die Differenz beider Teilspannungen und annähernd konstant bei veränderlicher Drehzahl. Die Maschine arbeitet ohne Batterie, ohne Fremderregung und ohne Regulierapparate.

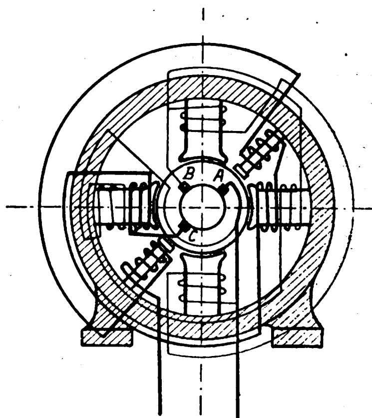


Abb. 3. Maschine für gleichbleibende Spannung.

In der auf die Verwendung von Ersatzmetallen bezüglichen Literatur erörtert Schönwald[10]), um wieviel bei Gleichstrommaschinen der Wirkungsgrad sinken würde, wenn man bei unveränderten Abmessungen und unveränderten Leistungen sämtliche Wicklungen aus Aluminium statt aus Kupfer machen könnte. Ferner leitet er ab, um wieviel bei Verwendung von Polwicklungen aus Aluminium die Jochbohrung vergrößert werden muß, damit der zur Erzielung des Wirkungsgrades der reinen Kupfermaschine erforderliche Wickelraum gewonnen wird. Zuschriften von Sejvl und Rothbauer. — Murgatroyd[11]) behandelt Eisenkommutatoren unter Bezugnahme auf die

Abhandlung von Lang (JB 1917, S 30). Er bespricht die Erschwerung der Kommutation durch Eisenlamellen infolge Vergrößerung der Reaktanzspannung, die unmerkliche Erhöhung der Reibung und der Erwärmung gegenüber Kupferkommutatoren, die möglichen Störungen durch Rostbildung, Mittel zur Verhütung dieser Störungen und die guten Aussichten einer hochwertigen Graphitbürste unter Verwendung ausgeschabter Kommutatoren. Der Verfasser kommt zu dem Schluß, daß auf Grund theoretischer Erwägungen dem Eisenkommutator eine, wenn auch voraussichtlich nur sehr beschränkte Zukunft gehört, falls bei den vorliegenden deutschen Erfahrungen nicht aus der Not eine Tugend gemacht sein sollte. Er rät den englischen Fabrikanten, deshalb selbst Untersuchungen anzustellen, auf die allein sich ein Urteil über die Brauchbarkeit der Eisenkommutatoren aufbauen läßt. — Laut Beschluß der Maschinennormalien-Kommission vom Ende des Berichtsjahres wird bei Anker- und Wendepolwicklungen von der Verwendung von Aluminium statt Kupfer abgesehen und Aluminium nur noch für Hauptpolwicklungen von Maschinen über 5 kW bei 1000 Umdrehungen vorgeschrieben. Bei Hauptstromwicklungen über 500 A kann auch für diese Kupfer verwendet werden. Kommutatoren können allgemein wieder aus Kupfer hergestellt werden.

Praktisches. Whitney[12]) bringt bei der Beschreibung elektrischer Ladewinden einige Bilder, sowie eine Leistungs- und Drehzahltabelle von normalen geschlossenen Motoren der Gen. El. Co. — Liston[13]) erwähnt in einem Bericht über die Entwicklung der amerikanischen elektrischen Industrie im Jahre 1917 den Entwurf einer Reihe kompensierter Motoren von 2 bis 100 kW als regulierbare Motoren. Solche Motoren haben laut Verfasser geringere Verluste wegen des Fortfalles der Feldverzerrung, können in 1 Stufe von niederer auf hohe Geschwindigkeit geregelt werden und erfordern einfachere Regulierapparate, ohne daß dabei die Güte der Kommutierung beeinträchtigt wird. — Halfarth[14]) beschreibt das besonders bei galvanischen Verzinkungsanlagen häufig vorkommende Umpolarisieren der Niederspannungsmaschinen und gibt praktische Ratschläge zur Wiederherstellung der ursprünglichen Polarität.

Linebaugh und Burnham[15]) schildern die Zweckmäßigkeit von schnellwirkenden Hauptstromunterbrechern und abkühlenden Schutzgittern, die zwischen den Bürstenbolzen angeordnet werden. Beide haben den Zweck, Überschläge an Kommutatoren zu verhindern. — Ferner wird ein gelüfteter Bahnmotor von Dick, Kerr & Co.[16]) von 30 kW beschrieben. Durch die Lüftung wurde die Dauerleistung auf 70% der Stundenleistung gesteigert, gegenüber nur 40% bei nicht gelüftetem Motor.

Adler[17]) erläutert, daß es bei vierpoligen Motoren mit nur zwei Bürstenbolzen, also z. B. bei Bahnmotoren, zwecks Verringerung der Überschlagsgefahr zweckmäßig sei, die Polarität der Bürstenbolzen so zu wählen, daß die Kommutatorlamellen von der negativen zur positiven Bürste laufen. Bei der negativen Bürste befindet sich nämlich die konzentrierteste und heißeste Stelle des Lichtbogens an der Bürste, bei der positiven Bürste dagegen am Kommutator. Bei Drehung des Kommutators bleibt der Lichtbogen, welcher sich beim Feuern der Bürsten zwischen negativer Bürste und Kommutator bildet, an seiner Stelle stehen, während der Lichtbogen unter der positiven Bürste vom Kommutator mitgerissen wird. Das Wandern des Lichtbogens ist auch besonders an der in der Drehrichtung zuerst kommenden Bürste gefährlich, da hinter dieser die höchste Lamellenspannung vorhanden ist und der Überschlag hier am leichtesten eingeleitet wird. Die Beachtung dieser Erscheinung hat im Betriebe der Großen Berliner Straßenbahn eine außerordentliche Herabsetzung der Zahl der Überschläge herbeigeführt.

Wolf[18]) beschreibt eine Reihe von Verbesserungen an Unipolarmaschinen.

Patenterteilungen. BBC. DRP 303662: Erregung der Piranimaschine mit einer zweiten, vom eigenen Strom durchflossenen Hauptstromwicklung zum Zweck der Ersparnis von Erregerkupfer und Erregerenergie. — DRP 304465: Ankerwicklung, aus Schleifen- und Wellenwicklung bestehend, die beide an

äquipotentiellen Punkten miteinander verbunden sind, wodurch Ausgleichsleitungen völlig fortfallen können. — DRP 307965: Verfahren zur schnellen Erregung und Aberregung von Maschinen, in deren Erregerstromkreis eine freilaufende Schwungradmaschine geschaltet ist, welche ihre EMK infolge des Beharrungsvermögens bei Änderung des Richtungssinnes der Erregerspannung noch eine Weile beibehält. — DRP 308033: Eine Einrichtung zur Erzielung einer geraden Kompoundierungscharakteristik mit konstant erregter Wendepolhilfswicklung. Die Maschine wird für Überkompoundierung eingerichtet, und die Hilfswicklung erzeugt eine Zusatzspannung, die bei Leerlauf am größten ist. — DRP 308034: Schaltung zum Stabilisieren von selbsterregten Generatoren auch bei geringen Eisensättigungen, in deren Erregerstromkreis der Anker eines Hilfsmotors eingeschaltet ist, dessen Leistungsaufnahme der Drehzahl nicht proportional sein darf. — DRP 308878: Einrichtung zum Kühlen der durch Schrumpfringe befestigten Kommutatoren, bei denen die Schrumpfringe auf Wulsten der Kommutatorlamellen aufsitzen. Der Durchmesser der Wulste ist erheblich größer als derjenige der Bürstenschleiffläche, so daß die Wulste eine radiale Vergrößerung der Kommutatoroberfläche bilden, wobei diese Wulste auch ventilierend ausgebildet werden können.

SSW. DRP 304176, 306869, 308384 betreffen Fortbildung der Gleichstrom-Hochspannungsmaschine. — DRP 304703: Verbesserung der Kommutierung von Gleichstrommaschinen mit schnell veränderlichem Felde mit zusätzlicher Wendepolwicklung, die von einer transformatorisch mit der Hauptfelderregung gekuppelten Spule gespeist wird. — DRP 305219: Kommutatoren, bei denen die Anschlußstellen von aufeinanderfolgenden Lamellen sowohl in axialer als auch in radialer Richtung in verschiedenen nebeneinander bzw. übereinander angeordneten Flächen liegen. — DRP 308035: Spritzwasserdichte Lüftungsöffnung.

Rud. Knoll: DRP 306271: Kollektor für Unipolarmaschinen.

V. D. Borst: DRP 306673: Spannungsregulierung für Dynamomaschinen veränderlicher Drehzahl, bei denen ein Hilfsanker einen veränderlichen magnetischen Nebenschluß zum Hauptanker bildet.

AEG: DRP 307451: Kommutator, dessen Segmente in axial verlaufenden, unterschnittenen Nuten festgehalten sind.

MSW: DRP 308292: Schaltung für den Parallelbetrieb von Wendepolmaschinen mit vorzugsweise starr verbundenen Ankern, bei denen die Wendepolwicklung einer Maschine mit dem Anker einer folgenden Maschine in Reihe geschaltet ist.

[1]) F. M. Denton, (W. T. Maccall u. A. A. Nims) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 808, 831, 850, 874, 896; Bd 81, S 8, 68, 91, 255. — [2]) F. Unger, El. Masch.-Bau, S 161. — [3]) R. Richter, Arch. El. Bd 6, S 406. — [4]) E. H. Martindale, Rev. Gén. El. Bd 3, S 29. — [5]) K. Sveinsson, El. Kraftbetr. S 97. — [6]) F. T. Hague, El. Journal Bd 15, S 42. — [7]) E. W. Kellog, El. World Bd 71, S 347. — [8]) W. J. Walker, Gen. El Rev. Bd 21, S 124. — [9]) S. R. Bergman, Proc. Am. Inst. El. Eng. Bd. 37, S 1011 — [10]) G. Schönwald, El. Masch.-Bau, S 238; J. Sejvl, G. Schönwald u. J. Rothbauer, S 388. — [11]) F. Murgatroyd, El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 54. — [12]) E. F Whitney, Gen. El. Rev. Bd 21, S 135. — [13]) J. Liston, Gen. El. Rev. Bd. 21, S 7. — [14]) Halfarth, Elektrizität, S 231. — [15]) J. J. Linebaugh u. J. L. Burnham, Proc. Am. Inst. El. Eng. Bd 37, S 617; El. World Bd 71, S 1372. — [16]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 403. — [17]) L. Adler, El. Kraftbetr., S 241. — [18]) W. Wolf, Helios Fachz., S 329, 339.

Wechselstromerzeuger und Synchronmotoren.

Von Dr.-Ing. F. Hillebrand.

Arbeiten allgemeinen Inhalts. Die graphische Darstellung des Verhaltens von Synchronmaschinen ist bisher unter der Voraussetzung einer geradlinigen Sättigungskurve und unter Vernachlässigung des Ankerwiderstandes, der Streureaktanz oder ähnlicher vereinfachenden Annahmen durchgeführt worden. Bohuslav Zavada[1]) leitet die charakteristischen Diagramme der Synchronmaschine mit ausgebildeten Polen unter Berücksichtigung aller Feinheiten ab. Die unvermeidliche Kompliziertheit derartiger Diagramme wird ihrer Einführung sehr im Wege stehen, zumal dem Stromdiagramm für konstante Klemmenspannung und konstante Erregung nur eine untergeordnete Bedeutung zugesprochen werden kann. — Anschließend an die im vorigen Berichtsjahr genannte Behandlung der Berechnung von Synchronmaschinen bringt St. P. Smith[2]) die ausführliche Durchrechnung eines Turbogenerators für 2000 kW 3000 Umdr./min, 50 Per/s, 500 V. Auch die konstruktiven Einzelheiten werden eingehend besprochen. — Den Aufbau des Läufers von Turbogeneratoren behandelt J. F. Barclay[3]) in einem Vortrage vor der Institution of Electrical Engineers, an den sich eine sehr lebhafte Diskussion anschloß. Die Vorzüge des aus einem Stück geschmiedeten und des aus Blechen zusammengesetzten Läuferkörpers werden gegeneinander abgewogen, das Für und Wider eines Aufbaues des Läufers aus gewalzten Platten wird erörtert und auf die Wichtigkeit der Wahl richtiger Stahlsorten, der Behandlung und Prüfung des Stahles, der Konstruktion der Welle und der Wickelkopfkappen hingewiesen. Auch die Kühlung der Läuferwicklung und die Vorteile der axialen Ventilationskanäle werden besprochen. — Niethammer[4]) gibt ein Referat über den Vortrag und die wichtigsten Teile der Diskussion; er schließt eine Berechnung des Läuferstreufeldes bei einer in Nuten verteilten Erregerwicklung an.

R. E. Doherty und O. E. Shirley[5]) behandeln die Berechnung der Ankerreaktanz von Synchronmaschinen, die Erscheinungen bei Kurzschluß, den Einfluß der höheren Harmonischen des Leerlauffeldes und eine vereinfachte Berechnung der Felderregung. — Pécheux[6]) leitet eine Beziehung zwischen effektiver Klemmenspannung und maximaler Klemmenspannung eines Generators ab, bei der die Kenntnis der Form der Spannungskurve vorausgesetzt wird. — F. D. Newbury[7]) behandelt die Grenze der Betriebsspannung von Generatoren. Bemerkenswerterweise hat sich diese Grenze in den letzten 15 Jahren fast gar nicht verschoben, sie beträgt in Amerika 13200 V. Verschiedene Gründe sprechen gegen eine weitere Erhöhung der Maschinenspannung; die Kosten der Generatoren steigen so stark, daß die Aufstellung eines besonderen Transformators in vielen Fällen billiger wird, die Isolation der Eingangswindungen macht große Schwierigkeiten, die dielektrischen Verluste sind besonders bei den höheren Temperaturen nicht mehr zu vernachlässigen, die Zerstörung der Isolation durch die Glimmentladungen führt zu Defekten, und schließlich spricht auch die Erfahrung dagegen. — J. Rothbauer[8]) vergleicht Maschinen gleicher Modellgröße bei Wicklungen aus Kupfer und Wicklungen aus Ersatzmaterial (Aluminium oder Zink) hinsichtlich Leistung und Wirkungsgrad. — J. Diamant[9]) gibt im Anschluß an seine früheren vorzugsweise experimentellen Arbeiten eine kurze Darstellung der Vorgänge beim plötzlichen Kurzschluß von Synchronmaschinen.

Synchronmotoren. Langsam aber sicher erobert sich der Synchronmotor ein immer größeres Anwendungsgebiet; besonders deutlich tritt diese Entwicklung in Amerika zutage. W. Brown[10]) stellt übersichtlich zusammen, in welchen Fällen der Synchronmotor am Platze ist und in welchen Fällen er nicht in Frage kommt. Bei öfterem betriebsmäßigen Anlassen, bei verlangter Tourenreglung oder bei Vollastanlauf scheidet er natürlich als Konkurrent für den Asynchronmotor aus; dagegen soll er in einer großen Anzahl von Betrieben zum Antrieb von Kompressoren, Zentrifugalpumpen, Ventilatoren, Mischern, Trans-

missionen (magnetische Kuppelung) und ähnlichen Maschinen mit Erfolg benutzt werden. — Das Fehlen einer einwandfreien Theorie des asynchronen Anlaufes von Synchronmaschinen und damit die Unmöglichkeit der sicheren Vorausberechnung des Anlaufmomentes bei gegebenem Verbrauch stand bisher der Einführung von Synchronmotoren in größerem Maßstab stark entgegen. L. Dreyfus[11]) unterzieht sich der Lösung dieser Aufgabe und behandelt zunächst im Anschluß an drei frühere Arbeiten die Berechnung des Luftfeldes bei Stillstand der Maschine und Wechselstromerregung des Ankers, und zwar bei Berücksichtigung des Einflusses der gebräuchlichen Dämpfervorrichtungen und der endlichen Länge des Polschuhes.

Asynchrone Generatoren. G. Kapp[12]) zieht einen Vergleich zwischen synchronen und asynchronen Generatoren und tritt einigen Vorurteilen gegen die asynchronen Generatoren entgegen. Die Einfachheit der Schaltanlage und die geringere Gefahr bei Leitungsschäden soll in vielen Fällen zugunsten des asynchronen Generators entscheidend ins Gewicht fallen. In erster Linie kommt wohl der asynchrone Generator zur Ausnutzung kleiner Wasserkräfte in Betracht; daß aber auch dort bei der Projektierung mit der nötigen Vorsicht verfahren werden muß, zeigt ein von Fleig[13]) beschriebener Fall, in dem durch das Zuschalten eines solchen Generators die kVA-Belastung der Hauptzentrale stieg.

Hochfrequenzgeneratoren. O. Billieux[14]) erläutert das Prinzip der Hochfrequenzgeneratoren von M. Latour, Alexanderson und der Société française radioélectrique, das im wesentlichen auf der Unterbringung von $2n$ Statorpolen auf $2n + 1$ Läuferpolen beruht. (n meistens $= 1$.). Die kurze Beschreibung einer Versuchsausführung für 10 kW, 32400 Perioden, 6000 Umdr.-min der Société Alsacienne ergänzt die Arbeit.

Verluste. Zur Unterdrückung der sog. Hautwirkung wird bei größeren Leiterquerschnitten der Einzelleiter unterteilt, und die Teilleiter werden im Wickelkopf oder in der Nut verschränkt. E. Roth[15]) zeigt, daß im allgemeinen die zusätzlichen Verluste bei Kabelleitern geringer sind als bei derartigen unterteilten Leitern. — Es sei hier noch auf eine Arbeit von L. Dreyfus[16]) über Wirbelstromverluste in massiven Ankerleitern bei Leerlauf hingewiesen, in der eine sichere Berechnungsgrundlage für diese bisher so schwer quantitativ zu fassenden Verluste gegeben ist (vgl. S. 24).

Betriebssicherheit. Unter dem Vorsitz von Boucherot[17]) hat eine französische Ingenieurkommission die Maßnahmen beraten, die zur Erzielung möglichst hoher Betriebssicherheit von Turbogeneratoren erforderlich sind. Diese Maßnahmen erstrecken sich sowohl auf den Bau der Generatoren, als auf die Festlegung der zweckmäßigsten Abnahmebedingungen und Erörterung der Vorkehrungen, die zur Begrenzung der Schäden bei auftretenden Fehlern dienlich erscheinen. Beim Entwurf sind demnach u. a. folgende Punkte zu beachten: Vergrößerung der Streuung des Ankers und Induktors, gute Wicklungsversteifung, sorgfältige Ausführung der Verbindungen an den Dämpfern, Möglichkeit der Kontrolle der Erwärmung der einzelnen Maschinenteile durch Einbau von Thermoelementen (mindestens 6 in der Statorwicklung) und schließlich gute Isolierung. Für die Abnahme wird als Isolationsprüfspannung die dreifache Betriebsspannung für Generatoren vorgeschrieben, die an exponierten Netzen liegen, die 2,5fache bei normalen Netzverhältnissen. Die zulässige Erwärmung soll bei Maschinen über 5000 V derart von der Betriebsspannung abhängig sein, daß für je 1000 V höhere Maschinenspannung die zulässige Übertemperatur um 1^0 sinkt. In diesem Zusammenhange mag eine Arbeit von H. Stephens[18]) erwähnt werden, der auch den Einbau von Prüfspulen oder Thermoelementen zur Kontrolle der Wicklungserwärmung empfiehlt und das erforderliche Instrumentarium beschreibt. — Auf die Maßnahmen zur Begrenzung der Schäden durch Abschluß der Luftzirkulation oder Einbau von Berieselungsrohren in die Lagerschilder[19]) braucht nicht weiter eingegangen zu werden.

Ausgeführte Maschinen. Als größter überhaupt bisher gebauter Generator ist in erster Linie eine Turbodynamo der AEG[20]) für 55000 kW Leistung bei 7000 V und 1000 Umdr./min zu nennen, die für das Goldenbergwerk des RWE bestimmt ist. Das Gesamtgewicht dieser Riesendynamo beträgt 225 t, wovon der Rotor allein 106 t wiegt; das Gewicht der ganzen Turbodynamo beläuft sich auf 475 t. Der Läufer hat einen äußeren Durchmesser von 2200 mm, entsprechend einer Umlaufgeschwindigkeit von 115 m/s, er ist aus einer großen Anzahl einzelner Platten zusammengesetzt, die auf die eigentliche Welle aufgebracht sind. Die Übertourenprobe wurde in der Fabrik mit 1500 Umdr./min durchgeführt. In England und Amerika hat man sich zum Bau derartig großer Einheiten noch nicht entschließen können. Der größte von der Westinghouse-Gesellschaft[21]) ausgeführte Turbogenerator, bei dem die getrennte Hochdruck- und Niederdruckturbine mit der gemeinsamen Dynamo direkt gekuppelt sind, hat eine Leistung von 30000 kW bei 12000 V, 60 Per/s, 1200 Umdr./min. Der Läufer ist aus gewalzten Platten zusammengesetzt. Als Beispiel für die in Amerika beliebte Unterteilung der Einheit in einen mit der Hochdruckturbine und einen mit der Niederdruckturbine gekuppelten Generator kann die von der gleichen Gesellschaft gelieferte 45000 kW-Turbine[22]) gelten; jeder Einzelgenerator hat eine Leistung von 22500 kW bei 60 Per/s, 10000 V. Der mit der Hochdruckturbine gekuppelte Generator ist vierpolig, der mit dem Niederdruckteil gekuppelte sechspolig. Der Vollständigkeit wegen sei noch die Beschreibung eines zweipoligen Generators der Gen. El. Co.[23]) für 8750 kVA und der Maschinen von 5000 und 10000 kW von BBC[24]) genannt. Einzelheiten der Ausführung oder genauere elektrische Daten sind leider auch bei diesen Arbeiten nicht angegeben, wenn sich auch das Wesentliche des Aufbaues aus den beigegebenen Abbildungen ersehen läßt

[1]) B. Závada, El. Masch.-Bau, S 333, 348 — [2]) St. P. Smith, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 633, 659. — [3]) S. F. Barclay, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 793, 806, 859; El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 295, 319, 357; Disk. Behrend, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 110. — [4]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau, S 439. — [5]) R. E. Doherty u. O. E. Shirley, El. World Bd 71, S 1373. — [6]) H. Pécheux, Rev. Gén. El. Bd 3, S 204. — [7]) F. D. Newbury, El. World Bd 71, S 1380. — [8]) J. Rothbauer, El. Masch.-Bau, S 457. — [9]) N. S. Diamant, El. World Bd 71, S 1028, 1126, 1366. — [10]) Will Brown, El. World Bd 71, S 604. — [11]) L. Dreyfus, Arch. El. Bd 7, S 57. — [12]) G. Kapp, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 858. — [13]) E. Fleig, Mitt. Ver. EW, S 211. — [14]) O Billieux, Rev. Gén. El. Bd 4, S 803; M. Latour, Bemerkung, S 859. — [15]) E. Roth, Rev. Gén. El. Bd. 4, S 192. — [16]) L Dreyfus, Arch. El. Bd 6, S 327. — [17]) P. Boucherot, Rev Gén. El. Bd 4, S 457. — [18]) H. D. Stephens, El. World Bd 71, S 663; El. Rev. (Ldn) Bd 82, S 488. — [19]) J. T. Foster, El. World Bd 72, S 116. — [20]) ETZ, S 188. — [21]) J T. Johnson, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 476, 490. — [22]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 873. — [23]) Engineering Bd 105, S 341. — [24]) Brown, Boveri & Cie, ETZ, S 417.

Induktionsmotoren.

Von Oberingenieur W. Zederbohm.

Kreisdiagramm. Immer noch steht das Kreisdiagramm im Vordergrund des Interesses. Einen neuen Weg geht Bloch[1]), der mit Hilfe komplexer Zahlen und mit einer einzigen Inversion zum genauen Resultat kommt. Es wird nicht mehr ein Ersatzschema aufgestellt, sondern das zu behandelnde Objekt, hier der Induktionsmotor, wird direkt angegriffen, und es wird mit Berücksichtigung des Wicklungssinnes das „Raumdiagramm" aufgestellt. Für den Strom werden dann so einfache Ausdrücke wie:

$$J = \frac{A + Bs}{D + Es} \text{ oder } J = \frac{Cs}{D + Es}$$

abgeleitet, wo A, B usw. irgendwelche komplexen Zahlen darstellen; s ist die relative Schlüpfung. Es wird dann nachgewiesen, daß solche Ausdrücke Kreise darstellen, die sich in einfacher Weise aus den Konstanten der Gleichung konstruieren lassen.

Eine sehr instruktive und übersichtliche Methode gibt Genkin[2]) an, um aus dem einfachen Heylandkreis den genaueren unter Berücksichtigung des Ständerwiderstandes (aber mit Vernachlässigung der Wattkomponente des Leerlaufstromes) zu konstruieren. Der einfache Kreis (Abb. 4) hat den Mittelpunkt C' auf der X-Achse. Auf der Y-Achse wird der Wert $OO' = E/r$ (E = Ständerspannung, r = Ständerwiderstand) abgetragen. Der genaue Kreis wird nun erhalten durch Inversion auf O′ mit der Potenz der Inversion $OO'^2 = (E/r)^2$. Die charakteristischen Punkte des Motors liegen auf den von O′ ausgehenden Strahlen mit den Schnittpunkten beider Kreise. Das Diagramm gewährt eine gute Übersicht über den Einfluß des primären Widerstandes und wird mit Erfolg bei kleinen Motoren anwendbar sein, bei größeren Motoren werden die beiden Kreise sich mehr und mehr einander nähern, so daß die Konstruktion wegen des geringen Einflusses des Primärwiderstandes unhandlich, dann aber auch unnötig wird. — Grob[3]) erinnert im Anschluß an die Veröffentlichung von Bloch nochmals an seine vor 14 Jahren veröffentlichte Arbeit über das Kreisdiagramm, in der er eine Konstruktion mitteilte, die an Genauigkeit dem Osannakreis gleichkommt, an Einfachheit der Ausführung aber dem Osannaschen Verfahren überlegen ist. — Damien[4]) und Lagron[5]) geben Veröffentlichungen einer Konstruktion des einfachen Heylanddiagramms bzw. des genaueren Diagramms unter Berücksichtigung des primären Widerstandes, ohne etwas Neues und Eigenes zu bieten, während Béthenod[6]) ein Kreisdiagramm unter Berücksichtigung des Einflusses der Sättigung ableitet.

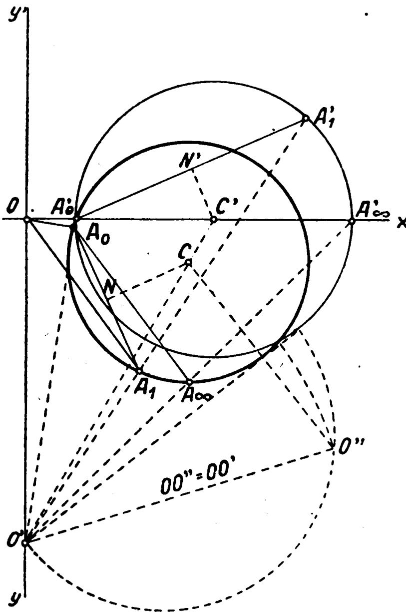


Abb. 4. Heylandscher Kreis.

Bei unsymmetrischen Mehrphasensystemen mit ungleichen Phasenspannungen und ungleichen Winkeln macht der Einblick in die Wirkungsweise gewisse Schwierigkeiten. P. Müller[7]) zerlegt derartige unsymmetrische Systeme in zwei symmetrische, von denen das eine die einzelnen Phasen in der gleichen, das andere in der entgegengesetzten Reihenfolge durchläuft. In der Anwendung auf Asynchronmotoren ergibt sich, daß der Läufer gegen das eine Teilsystem den Schlipf σ, gegen das andere $2 - \sigma$ aufweist. Die Stromaufnahme eines jeden Systems kann mittels Kreisdiagramms berechnet werden. Die so für beide Systeme erhaltenen Ströme setzt man zu resultierenden zusammen. Die gesamte Leistungsaufnahme ist gleich der Summe der von den Einzelsystemen aufgenommenen Leistungen, die angegebene Nutzleistung aber gleich der Differenz der von den Einzelsystemen abgegebenen Nutzleistung. Hieraus ergibt sich also eine wesentliche Verschlechterung des Wirkungsgrades schon bei geringen Unsymmetrien. Das angewendete System ist, wie leicht erkennbar, auch auf Einphasenmotoren anwendbar. — Das gleiche Problem behandelt in sehr eingehender Weise Hellmund[8]), der nur die Leerlaufsbedingungen von Phasenwandlern und einphasigen Induktionsmotoren untersucht, aber alle möglichen Einflüsse, wie: Wicklungsverteilung im Ständer und Läufer, Nuten- und Feld-

formen in seine Betrachtungen zieht und so ein sehr vollständiges Bild des Verhaltens solcher Maschinen im Leerlauf gibt.

Auf eine sehr schöne Weise erklärt Lamme[9]) ohne jede mathematische Formulierung die Wirkungsweise des Einphaseninduktionsmotors. Er geht, wie üblich, von der Voraussetzung zweier gleicher, aber entgegengesetzt umlaufenden Felder aus. Die Beweiskraft seiner Ausführungen stärkt er durch einen lehrreichen Versuch, indem er zwei gleiche Drehstrommotoren mit entgegengesetzt rotierenden Feldern, deren Ständer hintereinandergeschaltet sind, fest kuppelt und sie von Leerlauf bis Stillstand mit kurzgeschlossenen Läufern und auch mit eingeschalteten Läuferwiderständen abbremst. Die Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Bremswerten eines der beiden Motoren bei einphasigem Anschluß. — Hier wäre auch noch die Arbeit von de la Salda[10]), die dasselbe Gebiet behandelt, zu erwähnen.

Lapiné[11]) beschreibt die Wirkungsweise zweier in Kaskade geschalteter Drehstrommotoren bei den verschiedensten Schaltungsweisen.

Streuung. Sachs[12]) entwickelt mit einfachen mathematischen Hilfsmitteln die doppelt verkettete Streuung aus dem im Kurzschluß noch vorhandenen Rest- oder Differenzfeld. Er nimmt dazu an, daß das in einem betrachteten Zeitmoment vorhandene resultierende Drehfeld durch eine vom selben Strom durchflossene, in ihrer magnetomotorischen Wirkung gleichen Einphasenwicklung bestimmter Windungsverteilung erzeugt wird. In einer Erwiderung hierauf nimmt Niethammer[13]) auf eigene ältere Arbeiten Bezug, die eine allgemeinere und absolut genaue Lösung, allerdings mit mehr mathematischem Rüstzeug, liefert und gibt nochmals eine kurze Übersicht über die zur Berechnung der Kurzschlußreaktanz wichtigen Ausdrücke.

Polumschaltbare Motoren. Die Firma Oerlikon[14]) hat auf dem Gebiete der polumschaltbaren Motoren einen gewissen Vorsprung. Sie beschreibt neuerdings einen solchen Motor mit vier Drehzahlen für 80, 53,5, 40 und 26 kW bei 125, 83,5, 62,5 und 42 Synchrontouren und einer Frequenz von 25. Der Motor ist für eine langsamlaufende Bergwerkspumpe bestimmt und mit Kurzschlußanker versehen. Der Ständer ist mit Stabwicklung ausgeführt. Zum Anschluß an die Hochspannung des Bergwerks ist ein Volltransformator vorgeschaltet. Nur auf diese Weise konnte man wohl überhaupt die Streuung dieses langsamlaufenden Motors von so geringer Leistung auf ein erträgliches Maß herunterdrücken.

Für die Kriegsschiffe der amerikanischen Marine ist neuerdings elektrischer Antrieb gewählt worden, und die jeden einzelnen Propeller antreibenden Drehstrommotoren großer Leistung sind in der Regel als polumschaltbare Motoren ausgebildet. So sind die Antriebsmotoren für den Überdreadnought Tennessee[15]) (32000 t, 21 Seemeilen, 4 Wellen) polumschaltbare Motoren mit den Drehzahlen 175 und 118,3 bei 24 und 36 Polen, also einer Frequenz von 35. Die Leistung bei der höchsten Drehzahl beträgt 5000 kW, bei der niedrigsten 1570 kW. Bei 24 Polen ist eine vierstündige Überlastung entsprechend 6200 kW und 185 U/min zulässig. Der Läufer ist als Phasenanker ausgeführt. Das Anlassen geschieht in der Schaltung mit 36 Polen als Kurzschlußläufermotor, und die Regelung wird durch die Dampfturbine erzielt. Bei 24 Polen wird durch Widerstand im Läuferstromkreis geregelt. Die Nutenisolation besteht aus Glimmer. Außer zur Befestigung ist kein Fasermaterial für die Isolation verwendet. Die Wicklung kann eine Temperatur von 150° ohne Schaden aushalten.

Die Firma Brown, Boveri & Co.[16]) hat ein Patent auf eine Polumschaltung von Mehrphasenmotoren erhalten, die an drei Phasen angeschlossen sind; sie zeichnet sich dadurch aus, daß die für beide Polzahlen nach Art einer Zweiphasenwicklung ausgeführte Wicklung zum Betrieb mit Dreiphasenstrom nach Scott oder in gleichwertiger Weise geschaltet ist. Die Umschaltung erfolgt dadurch, daß die — z. B. 4 — bei der höheren Polzahl hintereinandergeschalteten Gruppen zu zweien parallel geschaltet werden und teils in der Phase bleiben,

teils die Phase wechseln, so daß zur Umschaltung nur eine geringe Anzahl Anzapfungen nötig wird.

Anlauf. Um das Anlaufmoment bei Kurzschlußläufermotoren zu verbessern und den Anlaufstrom herunterzudrücken, sind bereits eine Reihe von Vorschlägen gemacht worden. Die bekannte Methode, zwei Wicklungen zu verwenden, die Boucherot zugeschrieben wird und ihm auch geschützt ist, rührt nach einer Mitteilung von Dolivo-Dobrowolsky[17]) von diesem her, der sie 1892 angegeben hat. Solche Motoren sind von der AEG nach dieser Zeit in größerer Stückzahl gebaut worden. Rüdenberg[18]) zeigt, daß tertiäre Ströme, insbesondere Wirbelströme, in den Ankerleitern sich zur Erhöhung des Anlaufmomentes vorteilhaft verwenden lassen. Die Vermehrung des Ankerwiderstandes durch besonders hohe Leiter ist schon früher versucht worden. Der besondere Wert dieser Arbeit liegt aber darin, daß Rüdenberg zum erstenmal die Ver-

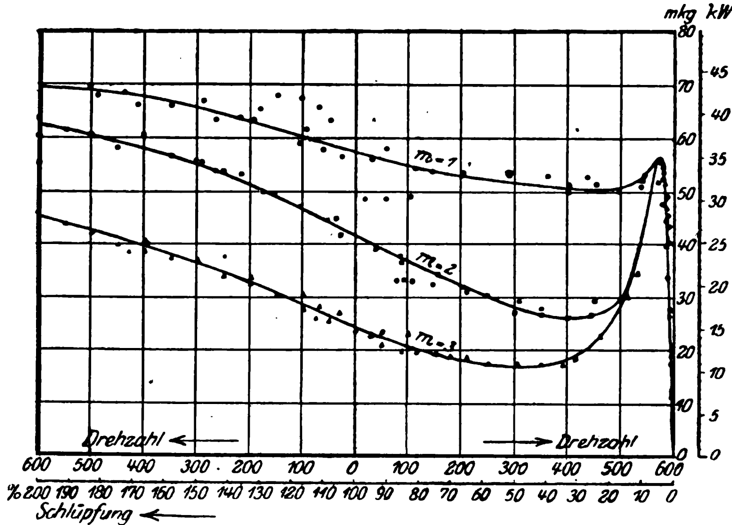


Abb. 5. Abhängigkeit der Ankerstreuung vom Schlipf.

minderung der Ankerstreuung durch die Wirbelströme und eine bestimmte Unterteilung der Leiter bewußt benutzt und für die Verbindung beider Wirkungen das Optimum berechnet und durch den Versuch bestätigt hat. Die Versuche wurden mit einfach, zweifach und dreifach unterteilten Stäben ausgeführt. Die aufgenommenen Drehmomentkurven über den ganzen Bereich von 200% Schlipf bis Synchronismus (Abb. 5) zeigen deutlich den Einfluß der Verminderung der Ankerstreuung bei wachsendem Schlipf, also wachsender Läuferfrequenz. — Die gleiche Wirkung will die AEG[19]) mit einem Käfigläufer mit schmalen, aber tiefen Nuten erzielen, dessen Stäbe aus einer Kupferlamelle, die wesentlich schmaler ist als die Nutenbreite, und Eisenlamellen, die den übrigen Zwischenraum der Nut ausfüllen, bestehen, wodurch eine verhältnismäßig hohe Impedanz bei oder in der Nähe des Stillstandes und eine verhältnismäßig geringe Impedanz beim Laufe erzielt wird. — Lebovici[20]) bespricht die Anlaufverhältnisse für Motoren in verschiedener Läuferausführung und verschiedene Anlaßmethoden, ohne wesentlich Neues zu bringen.

Eine ähnliche Schaltung wie die früher von Görges angegebene ist der Firma Brown, Boveri & Co.[21]) patentiert worden. Die Berechnung des Stabstromes von Kurzschlußläufern behandelt Huber[22]) im Anschluß an Pichelmayer und im Vergleich mit Arnold.

Die Bremsung von Asynchronmotoren mit Gleichstrom erreicht die AEG[23]) dadurch, daß sie die Motoren mit zwei Wicklungen im Ständer und Läufer versieht, von denen die eine für Betrieb mit Drehstrom, die andere für Bremsen mit Gleichstrom dient.

Bau. Die Anwendung magnetischer Nutenverschlußkeile bei Drehstrommotoren beschreibt Fleury-Deflassieux[24]). Auf einen isolierten Dorn sind papierisolierte Eisenplättchen von 0,4 mm Dicke aufgereiht; alle 12 bis 15 mm ist starker Karton von 1 mm Dicke zwischengeschoben. Die Länge der Keile ist gleich der Blechpaketbreite. Die Keile wurden nachträglich in zwei große Motoren von 1100 kW bei 316 Synchrontouren und 1650 kW bei 250 Synchrontouren für 42 Perioden und 12500 V, deren Nuten ursprünglich mit Holzkeilen verschlossen waren, eingezogen. Die Motoren standen in einer Unterstation in Paris und machten unzulässiges magnetisches Geräusch. Nach dem Einziehen der Keile war das durchdringende Geräusch fast verschwunden. Bei Kontrolle nach fünfjährigem Betrieb brauchten von den 700 Keilen nur 4 erneuert zu werden; die anderen saßen noch fest.

Die Rollgangmotoren der Gen. El. Co.[25]) besitzen ein horizontal geteiltes kräftiges Stahlgußgehäuse; die Lagerschalen sind geteilt und durch Schrauben mit dem Gehäuse verbunden, so daß die Lager jederzeit ausgewechselt werden können, ohne daß die Gehäuseschalen voneinander getrennt zu werden brauchen.

Durch Rechnung und Überlegung kommt Rothbauer[26]) zu dem Resultat, daß Motoren mit Ersatzmetallen, und zwar solche mit Aluminiumwicklung 68,4%, solche mit Zinkwicklung 40,7% der Leistung der gleichen mit Kupfer gewickelten Modelle hergeben können. Diese Ausnutzung erscheint etwas gering, wenn man bedenkt, daß die meisten deutschen Firmen die Leistung bei Aluminiummotoren nur auf 75%, bei Zinkmotoren auf 50% der Leistung des mit Kupfer gewickelten Modells herabsetzen.

Das im vorigen JB 1918, S 32 erwähnte Bestreben, ganz geschlossene Motoren durch Oberflächen- oder Mantelkühlung besser auszunutzen, hat noch mehrere Bearbeiter gefunden. Die Enclosed-Motor Co. Ltd.[27]) baut solche Motoren (vgl. S. 26), ebenso die SSW[28]), die bei größeren Motoren nicht nur die Gehäuseoberfläche kühlen, sondern auch noch die erwärmte Innenluft durch einen besonderen, im Fuß des Motors untergebrachten Kühler drücken und dessen Außenwände mit der kalten Außenluft kühlen. Die Ausnutzung dieser Motoren beträgt, selbst bei Leistungen bis 100 kW, noch 100% derjenigen des gleichen offenen Modells.

Die Gesellschaft Electromotors, Ltd.[29]) baut noch Motoren mit aufgesetztem Umlaufkühler großer Oberfläche, der die durch ihn geleitete Innenluft durch Strahlung an die Außenluft abkühlt. Diese auch in Deutschland von den SSW seit 1913 gebaute Anordnung ist durch die Erfindung der oben erwähnten mantelgekühlten Motoren wieder verlassen worden.

Beschreibungen ihrer normalen und neueren Ausführungen von Drehstrommotoren geben die AEG[30]), die British Thomson-Houston Co.[31, 32]), die Phoenix Electric Co.[33]), Mansfield, Ohio, die Soc. l'Éclairage Électrique[34]), die St. Louis Electrical Works[35]).

[1]) Otto Bloch, ETZ S 34, 42. — [2]) V. Genkin, Rev. Gén. El. Bd 3, S 931. — [3]) Hugo Grob, ETZ, S 123. — [4]) J. Damien, Rev. Gén. El. Bd 4, S 349. — [5]) L. Lagron, Rev. Gén. El. Bd 4, S 861. — [6]) Béthenod, Rev. Gén. El., Bd 4, S 941. — [7]) P. Müller, ETZ, S 343, 353. — [8]) Hellmund, Proc. Am. Inst. El. Eng., S 317. — [9]) Lamme, Proc. Am. Inst. El. Eng., S 403. — [10]) C. della Salda, El. World Bd 70, S 678. — [11]) M. Lapiné, Rev. Gén. El. Bd 4, S 187. — [12]) K. Sachs, El. Masch.-Bau, S 14. — [13]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau, S 144. — [14]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 352, 374. — [15]) El. Masch.-Bau, S 108. — [16]) Österr. B. B. Werke, Ö. Pat. Nr. 73207. — [17]) M. Dolivo-Dobrowolsky, ETZ, S 140. — [18]) R. Rüdenberg, ETZ, S 483, 493, 501, 510. — [19]) AEG, DRP Nr. 297406. — [20]) J. Lebovici, El. World Bd 71, S 866. — [21]) Akt.-Ges. BBC, DRP Nr. 296104. — [22]) J. Huber, El. Masch.-Bau, S 499. — [23]) AEG, DRP Nr. 299477. — [24]) Fleury-Deflassieux, Rev. Gén. El. Bd 4, S 223.

— [25]) Gen. El. Co., Electr. (Ldn.) Bd 80, S 643. — [26]) Joseph Rothbauer, El. Masch.-Bau, S 459. — [27]) Enclosed Motor Co., El. Rev. (Ldn.) Bd. 82, S 31. — [28]) SSW, ETZ, S 499. — [29]) Electromotors Ltd, ETZ, S 307. — [30]) G. Lewinnek, Mitt. AEG, S. 108. — [31]) British Thomson Houston Co., Electr (Ldn) Bd 81, S 233. — [32]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 23. — [33]) El. World Bd 71, S 230. — [34]) Soc. Eclair. El., Rev. Gén. El Bd 4, S 32. — [35]) St. Louis El. Works, El. World Bd 71, S 126.

Wechselstrom-Kommutatormaschinen.

Von Oberingenieur M. Schenkel.

Zusammenfassende Arbeiten. Biermanns[1]) behandelt die Ausgleichsvorgänge, die sich beim Kurzschluß von Kommutatormaschinen ausbilden. Latour[2a]) gibt eine Zusammenstellung von Schaltungen zum Verbessern der Phasenverschiebung und zum Regeln von Induktionsmotoren mittels Kommutatormaschinen. Die Arbeit verdient als Zusammenfassung mit Literaturnachweisen Beachtung.

Einphasen-Kommutatormaschinen. Angaben über große Lokomotivmotoren finden sich in einem Bericht[2b]) über die Riksgränsenbahn und in einer Arbeit Müllers[3]), der einen Motor von 2000 kW für die Frequenz 16,66 beschreibt.

Der Frage der Stromrückgewinnung wird erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt, weil die Länder mit Wasserkräften infolge der Kriegserfahrungen umfangreiche Elektrisierungen ihrer Bahnen planen und dabei fast immer mit Gebirgsbahnbetrieb zu rechnen haben. Kummer[4]) gibt eine kritische Übersicht über die verschiedenen Verfahren, die bis jetzt zur Stromrückgewinnung aus Einphasen-Kommutatormotoren bekannt geworden sind und Behn-Eschenburg[5]) bringt eine neue einfache Schaltung für Umwandlung des Einphasen-Reihenschlußmotors in einen Generator. Es wird dabei das Feld des Motors für sich an einen Teil des Lokomotivtransformators gelegt und ebenso der Anker, in dessen Kreis noch eine Drosselspule eingeschaltet wird. Zugleich wird die Theorie dieser Schaltung in ihren Grundzügen behandelt (vgl. S. 90).

Moser[6]) beschäftigt sich mit der Berechnung der Spannungen, die durch Transformation oder Drehung in den Ankern von Einphasen-Kommutatormaschinen entstehen. Dabei werden die Repulsionsmotoren mit einfachem und doppeltem Bürstensatz besonders berücksichtigt. Der Einfluß der räumlichen Feldverteilung wird behandelt und mit den entsprechenden Ergebnissen bei sinusförmiger Feldverteilung verglichen. Für doppelten Bürstensatz wird gezeigt, daß man die Spannungen zwischen den Bürsten leicht angeben kann, wenn die entsprechenden Formeln für den einfachen Bürstensatz bekannt sind. Hierzu äußert sich Sumec, der ähnliche Ableitungen schon im Jahre 1904 gebracht hatte.

Creedy[7]) will, da sich asynchrone Einphasenmotoren nicht durch besonders gute Betriebseigenschaften auszeichnen, für Einphasenbetrieb nur den Einphasenkommutatormotor in seinen verschiedenen Ausführungsformen verwendet wissen.

Mehrphasen-Kommutatormaschinen. Die Stromverteilung in Mehrphasenankern bildet den Gegenstand zweier Arbeiten. Schmitz[8]) behandelt sie unter der Annahme, daß die Phasenzahl des dem Anker zugeführten Stromes beliebig sei und untersucht sie für Speisung des Ankers über einfachen und über doppelten Bürstensatz bei beliebiger Bürstenverschiebung. Neben Formeln für die Leiterströme und die Verteilung der bestimmte Ströme führenden Leiter werden auch solche für den Ersatz der wirklichen Leiterdoppelschicht durch eine magnetisch gleichwertige einfache Schicht abgeleitet zwecks Berechnung der magnetischen Gesamtwirkung des Ankers und der Streuung der einzelnen Abschnitte. Ernst[9]) leitet die Stromverteilung für den besonderen Fall ab, daß der Anker

über einen Doppelbürstensatz mit Dreiphasenstrom gespeist wird und der eine Bürstensatz fest, der andere beweglich ist. Er weist daraus nach, daß die Kupferverluste bis zur Bürstenverschiebung von 120° vom Werte Null an linear wachsen und dann konstant bleiben. Moser[9]) macht hierzu einige Bemerkungen. Tumerelle[10]) entwickelt das Diagramm des mehrphasigen Reihenschluß-Kommutatormotors unter Verwendung der Koeffizienten der Selbst- und gegenseitigen Induktion. Er gibt an, wie man diese Werte berechnet und wie sie vom Bürstenverschiebungswinkel abhängen. Die Ergebnisse werden auch in Vektordiagrammen veranschaulicht.

Betrieb und Verwendung. Wintermeyer[11]) beschreibt Betriebe, für die der Drehstrom-Kommutatormotor mit Vorteil verwendet werden kann und kommt zu dem Schlusse, daß dieser Motor in seinen verschiedenen Ausführungsformen als Reihen- und Nebenschlußmotor steigende Bedeutung für elektrische Kraftantriebe gewinne. Freyberg[12]) bespricht in seinem Buche über die verschiedenen Antriebsysteme elektrischer Fördermaschinen die Antriebe durch Drehstrom-Kommutatormotoren und Doppelkollektormotoren.

[1]) J. Biermanns, Arch. El. Bd 7, S 1. — [2a]) Latour, El. World, Bd 72, S 484; Rev. Gén. El. Bd 4, S 291. — [2b]) ETZ, S 495. — [3]) P. Müller, El. Kraftbetrieb S 161; El. Masch.-Bau, S 515. — [4]) W. Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 71, S 191. — [5]) H. Behn-Eschenburg, ETZ, S 481. — El Masch.-Bau, S 553. — Rev. Gén. El. Bd 4, S 877. — [6]) R. Moser, El. Masch.-Bau, S 173, 189; Sumec u. Moser, S 344. — [7]) F. Creedy, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 870, 894. — [8]) T. Schmitz, ETZ, S 163. — [9]) M. Ernst, ETZ, S 181; R. Moser, S 399. — [10]) Tumerelle, Rev. Gén. El. Bd 4, S 643. — [11]) Wintermeyer, Helios Fachztg., S 227. — [12]) M. Freyberg, Die verschiedenen Antriebssysteme el. Fördermaschinen. Leipzig, O. Leiner.

Drehumformer und Gleichrichter, Elektromagnete, Transformatoren.

Von Privatdozent Dr. Max Breslauer.

Drehumformer. Wesentlich Neues bringen die Veröffentlichungen über Drehumformer in diesem Jahre nicht. Bemerkenswert ist nur, daß auch dieses Mal Ausführungen hoher Geschwindigkeit nicht gemacht worden sind. Offenbar schrecken die höheren Baukosten mehr als die Stoffersparnis lockt. Ein Beweis, daß die Turbinengeschwindigkeit der Elektrotechnik nur künstlich aufgezwungen zu sein scheint. Hier ist Raum für ein gutes Zwischengetriebe.

Carr[1]) vergleicht die Ankerkupferverluste bei Einankerumformern und Doppelstrommaschinen, deren bekannte Beziehungen im Jl. Inst. El. Eng. Bd 54, S 49 abgeleitet werden. Auch die Möglichkeit der Verwendung des Umformers unter gleichzeitiger Belastung als Motor wird durchgesprochen und an Kurven erläutert. — In den BBC-Mitt.[2]) werden Schaltungen an Zusatzmaschinen beschrieben, welche mit dem Einankerumformer zu dem Zwecke gekuppelt sind, um die Spannung auf der Gleichstromseite zu regeln. Für die Wendepole solcher Maschinen genügt nicht die Bedingung der Proportionalität mit dem abgegebenen Gleichstrom, so daß eine zusätzliche Erregung der Wendepole erforderlich wird, welche nicht vom Strom, sondern von der Leistung des Umformers abhängig ist. Hierfür wird ein Schnellregler vorgesehen, welcher z. B. auf eine im Stromkreis der Zusatzmaschine liegende Stromwicklung und auf eine an einer Phase der Zusatzmaschine angelegte, um 90° räumlich verschobene Spannungswicklung anspricht. — Neville[3]) liefert in einer ausführlichen theoretischen Arbeit eine analytische Untersuchung über den Einfluß der Überlagerung von Gleichströmen und Wechselströmen im Anker des Umformers auf den Spannungsabfall unter Berücksichtigung von Widerstand und Streuung; weder Methode noch Ergebnis bieten wesentlich Neues. — Bemerkenswert sind die Ausführungen von Badey[4]) über die Ankerrückwirkung von Kon-

vertern. Er zerlegt sie in einen festen und einen hin- und herwogenden Teil. Der letztere Teil kann durch besondere Maßnahmen, besonders Verwendung mehrerer Phasen und entsprechender Bürstensätze fast unterdrückt werden, der feste Teil besteht in einer verringerten Rückwirkung von ähnlichem Einfluß wie bei Gleichstromentnahme.

Die Firma Bruce Peebles & Co.[5]) rühmt sich, mit dem abgebildeten Motorkonverter von 2000 kW die größte derartige Maschine in England gebaut zu haben. Es ist nicht gesagt, ob es sich hier um den bekannten Arnoldschen Kaskadenumformer handelt, doch kann wohl unter obiger Benennung kaum etwas anderes verstanden werden. Auch der erzielte Wirkungsgrad von 93,5% weist darauf hin, da mit Motorgeneratoren so hohe Wirkungsgrade nicht erzielbar sind. Bemerkenswert ist der hohe Gleichstrom von 4100 A und die Befestigung des Bürstenhalters an der Bettplatte. Ob wohl solche Leistungen ebenfalls einmal von Hg-Gleichrichtern übernommen werden können?

Ruhende Gleichrichter. Der Quecksilbergleichrichter ist offenbar aus dem Versuchszustand herausgetreten und muß als ein technisches Hilfsmittel von gleicher Bedeutung angesehen werden wie die Erzeugnisse des Elektromaschinenbaus.

Die Ausführungen von Obach[6]) werden für jeden von einschneidender praktischer Bedeutung sein, der vor der Frage der Umformung im allergrößten Maßstabe steht. Hier ist an einem Betriebsbeispiel nicht nur die Brauchbarkeit, sondern sogar die Überlegenheit des Quecksilbergleichrichters gegenüber den besten elektromechanischen Hilfsmitteln an einer Anlage von 750 kW bei 500 V und 1250 A während eines Jahres erprobt worden, wobei sich als Gesamtwirkungsgrad etwa 90% einschließlich aller Nebenapparate und ein überraschend geringer Material- und Ausbesserungsaufwand ergab. Die Anlage wurde nach dem System E. Hartmann von BBC in Hirschberg-Schlesien mit drei Gleichrichterzylindern je 250 kW ausgeführt. Danach scheint es eine Grenze in der Verwendbarkeit des Hg-Gleichrichters nicht mehr zu geben. — Durch ausgedehnte Versuche bringt Tschudy[7]) den Nachweis, daß Wellenform, Schwingungszahl und Anodenstrom von bedeutendem Einfluß auf den Wirkungsgrad von Hg-Gleichrichtern sind. Er befindet sich dabei im Gegensatz zu der Arbeit von Schulze, Arch. f. El. 1913, über Mitt. d. Phys. Reichsanstalt, worin diese Einflüsse als unerheblich hingestellt werden. Weitere Aufklärungen nach dieser Richtung sind daher erwünscht. — Müller[8]) berichtet über Versuche an einem Hg-Gleichrichter für 80 A bei 310 bis 320 V mit sechs Anoden und einem Vakuum von 0,01 bis 0,015 mm Hg. Bemerkenswert erscheinen besonders die Messungen über Abhängigkeit des Spannungsabfalles von Stromstärke und von der Höhe des Vakuums. Ebenso die Höhe der Gleichstromschwankung, die beim Zweianodenbetrieb um etwa 80% größer ist als beim Dreianodenbetrieb.

Niethammer[9]) berichtet über den sog. Tungar-Gleichrichter, welcher auf dem Grundsatz der Glühkathode in einer mit einem indifferenten Gase gefüllten Glasröhre beruht, die an jedes Wechselstromnetz angeschlossen werden kann und als größter Typ für 6 A bei 75 V ausgeführt wird.

Elektromagnete. Der Krieg hat die Aufgaben der Elektromagnete stark erweitert. So beschreibt Schumann[10]) eigene „Geschoßsplittermagnete“, deren Leistungen an Hand von Zugkrafttabellen schärfer erfaßt und deren Bauart an schematischen Skizzen veranschaulicht wird. — Eine mit vielen Photos versehene Arbeit[10]) über praktische Ausführung von Hubmagneten zur Lastenförderung gibt einen willkommenen Überblick über die bisherigen technischen Formen zur Lösung dieser Aufgabe. Eine reichliche Angabe von Zahlen, aus denen die bisher erzielten Hubleistungen im Verhältnis zum Eigengewicht entnommen werden können, werden dem Erbauer wertvoll sein. Besonders wichtig ist die Tatsache, daß eine zuverlässige Lösung mittels Wechselstroms noch nicht erzielt worden ist. — Die Anwendung des Elektromagnets auf den Bau elektrischer Kuppelungen ist wiederholt vorgeschlagen worden.

Eine solche wird von Langdon-Davies[11]) ausgeführt und zeigt die Neuerung, daß durch selbsttätige Beeinflussung der Erregung gleichbleibendes Drehmoment erreicht wird. Dies geschieht in der Weise, daß bei Überschreitung des Drehmomentes ein Gleiten der Kuppelungshälften aneinander zugelassen wird. Da offenbar nur die Absicht vorliegt, Dynamos mit einer Welle zu kuppeln, deren Verbrauch eine bestimmte Grenze nicht überschreiten soll, so kann natürlich von dieser eine Gegenwicklung gespeist werden. In welcher Weise die durch das Gleiten der Kuppelung vernichtete Energie abgeführt werden soll, ist nicht angegeben. — Für Erzeugung von Feldern bis zu 21500 Gauß, die jedoch räumlich viel weiteren Spielraum lassen als bisherige Bauarten ermöglichen, dient ein Magnet, der nach Angabe von Svedberg[12]) von A.-G. Rose, Upsala, Stockholm, hergestellt wird. Der angegebene Höchstwert wird noch in einem Polabstand von 20 mm erreicht.

Transformatoren.

Theorie. Bauch[13]) erörtert die Erscheinungen beim Eintritt „einspuliger" Last in Transformatoren mit beiderseitiger Sternschaltung, wobei die einspulige Last durch regelrechten Betrieb sowohl, wie auch durch Fehlerschluß einzelner Windungen hervorgerufen sein kann. Er entdeckt eine besondere Art Streuung, die hierdurch hervorgerufen wird, und eine Verschiebung des Nullpunktes. — Vidmar[14]) weist darauf hin, daß gewisse grundlegende Annahmen unserer Konstruktionen häufig nicht ohne praktischen Erfolg einer erneuten kritischen Betrachtung unterzogen werden. So im vorliegenden Falle die Frage der unsymmetrischen Wicklungsverteilung von Drehstromtransformatoren. Praktisch zeigt sich, daß die mittlere Säule stärker erwärmt wird als die beiden äußeren, ein Hinweis darauf, daß die strenge Symmetrie einen Nachteil im Gefolge haben kann. Er beschreibt dann den besonderen Zweiphasen-Dreiphasentransformator der Ges. f. el. Ind., der nur einen Fall künstlicher Unsymmetrie darstellt, ebenso wie die lange bekannte Scottsche Schaltung, deren Brauchbarkeit als der neuen Schaltung unebenbürtig nachgewiesen wird. — Der neue Hochspannungstransformator von Dessauer[15]) scheint einen grundlegend neuen Gedanken zu verfolgen, der für die Erzeugung sehr hoher Spannung, besonders für die Röntgentechnik, bedeutungsvoll ist. Nach vorliegenden Erfahrungen gibt es eine kritische Spannung von etwa 70000 V, oberhalb deren Glimmströme eintreten, die der Isolation im Dauerbetriebe gefährlich werden. Auch eine Verteilung der Spannung auf zwei hintereinander geschaltete Transformatoren bringt keine Lösung, wohl aber der Gedanke, die dielektrische Beanspruchung einer anderen Gruppe Transformatoren zuzuweisen als der Gruppe der eigentlichen Spannungswandler. Diese Anordnung wird in Abb. 6 dargestellt. Hier sind T_1 und T_2 die eigentlichen Spannungstransformatoren derart, daß zwischen den Klemmen *a* und *b* z. B. 100 kV herrschen, während *c* geerdet ist. Die Mitten *d* und *e* sind mit der Niederspannungswicklung verbunden, setzen also die Durchschlagsspannung auf die Hälfte herunter. Für diese halbe Spannung sind dann auch die Zusatztransformatoren H_1 und H_2 zu bemessen. Die Mehrkosten werden durch die verringerte Spannung jedes einzelnen Transformators ausgeglichen, die Sicherheit erhöht und die Verluste auf etwa gleicher Höhe erhalten, weil die Glimmverluste fortfallen. Durch Verwendung weiterer Zusatztransformatoren kann die Spannung bei gleicher Betriebssicherheit beliebig gesteigert werden. — Hier scheint eine Neuerung von grundlegender Bedeutung auch für die Starkstromtechnik vorzuliegen. In der Erörterung seines Vortrages vom 22. X. 18 vor dem Elektrotechnischen

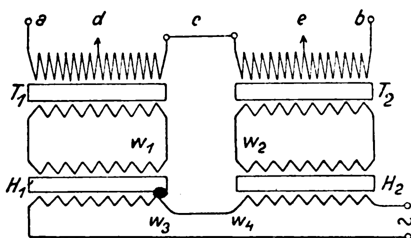


Abb. 6. Hochspannungstransformator.

Verein berechnete Dessauer, daß die Geldersparnis einer solchen Hochspannungsanlage von 400 kV etwa die Hälfte beträgt, und ebenso ist die Raumersparnis beträchtlich.

Die Zickzackschaltung bei Dreiphasentransformatoren verursacht eine Änderung der Streuverhältnisse gegenüber der üblichen Schaltweise. Kade[16]) setzt diese bei den Streufaktoren in ein einfaches rechnerisches Verhältnis und berechnet danach die Streuspannung.

Durch einen hübschen geometrischen Entwurf gelingt es Imhof[17]), das Kappsche Diagramm zur Bestimmung des Spannungsabfalles von Transformatoren dahin zu verbessern, daß die Ablesungen in einem bequemen Maßstabe erscheinen, der nach Kapp zu klein sein würde. — Schering[18]) bemüht sich, die Aufstellung und Ablesung des von Möllinger und Gewecke aufgestellten Diagrammes zur Ermittelung des Übersetzungsverhältnisses und des Winkelfehlers eines Stromwandlers durch Anwendung einer Schablone zu vereinfachen und mit den Messungen in Einklang zu bringen. — Zelewski[19]) unterzieht die Rechnungen Vidmars über den Einschaltstrom von Transformatoren einer kritischen Beleuchtung. Er kommt durch theoretische Betrachtung, angewandt auf ausgeführte Typen, zu dem Ergebnis, daß die Voraussetzungen, auf welchen Vidmar seine gewaltigen mechanischen Kräfte errechnet, hinfällig sind, jede Wicklung, die für Aufnahme etwa eintretender Kurzschlüsse abgestützt ist, leicht die Einschaltstöße aushalten kann, besonders da die Isolationsstoffe auf Druck beansprucht werden. Auch die etwa dadurch hervorgerufenen örtlichen Überspannungen erfordern keine besonderen Vorsichtsmaßregeln außer den bekannten Anlaßwiderständen. — Zur Vereinfachung der Berechnung von Spannungsabfällen im Transformator bei verschiedener Last und Phasenverschiebung gibt Dubar[20]) einige Behelfe auf graphischem Wege. — Zur Bestimmung des Spannungsabfalles von Transformatoren leitet Edler[21]) aus dem Arnoldschen Diagramm eine Erweiterung ab, welche die Verlustspannungen selbst darzustellen erlaubt und zeichnerische bzw. rechnerische Vereinfachungen gestattet. — Finsler[22]) stellt in einer Zusammenstellung aller Prüfungen, die an einem Transformator anzustellen sind, die bekannten Vorschriften des VDE zur Erörterung und gibt u. a. für den Spannungsabfall bei induktiver Last die Formel

$$e_{\cos\varphi} = e \cdot \cos\varphi + e_s \cdot \sin\varphi \; \ldots . \; \%,$$

worin e Ohmscher Spannungsabfall, e_s Streuspannung $= \sqrt{e_k^2 - e^2}$, e_k Kurzschlußspannung, alles in %.

Montsigner und A. T. Childs[23]) beschreiben eine Brückenschaltung zur Messung des heißesten Punktes in einer Transformatorwicklung mit Hilfe eines Widerstandes, der an der heißesten Stelle der Niederspannungswicklung eingebaut wird.

Berechnung. Dennison[24]) entwickelt eine Anzahl Formeln zur Bestimmung der Abmessungen von Transformatoren für geringste Kosten unter verschiedener Voraussetzung: 1. für angenommene Werte von magnetischer und elektrischer Sättigung bei höchstem Wirkungsgrad, 2. dasselbe bei geringsten Kosten, 3. für ein angenommenes Verhältnis von Kupfer zu Eisen bei geringsten Kosten. Die Untersuchung erstreckt sich auf Manteltype, Kerntype und Mehrphasentype. Wesentlich neue Gesichtspunkte sind nicht erkennbar. — Es wird von Mandl[25]) rechnerisch und versuchsmäßig nachgewiesen, daß bei den jetzt verwendeten Sättigungen von 14—16000 Linien der Sternpunkt, wenn nicht verbunden, mit der 3-, 9- usw.-fachen Wellenzahl zu schwingen beginnt. — In bemerkenswerter Form gibt Still[26]) eine Ableitung zur Bestimmung der inneren Übertemperatur von Transformatorspulen im Vergleich zur außen gemessenen. Er leitet zunächst den Wärmeabfall bei einer gleichförmigen metallischen Platte ab und gibt dann die erforderlichen Berichtigungen für den wirklichen Fall unter Berücksichtigung der Isolation. Die Formeln sind einfach und der Nachprüfung wert. — In etwas länglichen Berechnungen ver-

breitet sich Fuhrmann[27]) über die bekannten Unterschiede zwischen Leistungs-, Jahres- und wirtschaftlichem Wirkungsgrad von Transformatoren.

Schaltungsfragen: Der Eintritt des Kondensators in die Starkstromtechnik sogar bei niederer Spannung scheint sich vorzubereiten. Die Bemühungen, einen technisch brauchbaren Kondensator hoher Kapazität zu schaffen, sind zwar nicht neu, es scheint jedoch, daß jetzt erst ein Zeitpunkt erreicht ist, wo bemerkenswerte Fortschritte fühlbar werden, die höchste Beachtung verdienen.

Die British Insulated & Helsby Cables (Ltd.)[28]) hat sich die wichtige Aufgabe gestellt, technische Kondensatoren für Starkstromzwecke herzustellen. Die Herstellungsart wird beschrieben und abgebildet und als Ergebnis Einheitskapazitäten von 1 μF für eine Betriebsspannung von 660 V zum Preise von 30 sh/kVA oder 4 sh/μF. Der Raumbedarf scheint klein zu sein. Eine wichtige Kurve zeigt die Größe der erforderlichen Kapazität zur Ausgleichung des Leistungsfaktors, wobei bemerkenswert ist, daß die Ausgleichung über $\cos \varphi = 0{,}95$ unwirtschaftlich wird. In einer Art Büchergestell von $100 \times 110 \times 60$ cm kann eine Kapazität von 750 μF untergebracht werden. Dieser technische Fortschritt steht im engsten Zusammenhange mit der Verbesserung des Leistungsfaktors.

Dorey[29]) erörtert daher die Frage, ob der wattlose Strom wegen seiner bedenklichen Wirkung auf die Anlagekosten nicht ebenfalls vom Verbraucher solcher Apparate gezahlt werden müsse, die die Ursache für seine Entstehung sind. Er bejaht diese Frage und beschreibt dann die Mittel zur Verbesserung des Leistungsfaktors. Erstens den Kappschen Phasenverschieber von der Gen. El. Co., zweitens statische Kondensatoren und drittens drehende Kondensatoren. Im ersteren Falle haben wir den bekannten Kappschen Vibrator, welcher auf dem Pendeln eines mit Wechselstrom gespeisten Ankers im Gleichstromfelde beruht. Seine Verwendung ist recht vielseitig und kann auch einen Ausgleich für benachbarte Kabel bieten. Als Kondensatoren werden die der British Insulated & Helsby Cables (Ltd.) (vgl. oben) hervorgehoben. Der Mangel ist darin zu suchen, daß die Kapazität starr gegeben ist und sich nicht der wechselnden Stromentnahme anpaßt. Unter drehenden Kondensatoren endlich sind gewöhnliche Synchronmotoren mit entsprechender Übererregung verstanden. Durch mehrere Rechnungen wird nachgewiesen, daß es sowohl für den Verbraucher als auch für das Werk wirtschaftlich ist, derartige Phasenverschieber trotz ihrer Kosten und Verluste einzubauen, um die Kosten des Netzes und der Zentrale zu verringern.

Die Gefahren der Stern-Stern-Schaltung von Transformatoren, die an ausgedehnte Luftleitungen angeschlossen sind, werden nach einer Arbeit von Robinson[30]) analytisch abgeleitet und an Hand der Hysteresekurve durch das Entstehen von Oberschwingungen erklärt. — Im El. Anz. werden die bekannten Schaltungen zur Prüfung von Transformatoren angegeben und besprochen, die mit den Verbandsbestimmungen übereinstimmen[31]).

Bau. Als Neuheit im Aufbau wird ein Transformator von Johnson und Philipps[32]) dargestellt, der im wesentlichen auf vier Schienen ruht, die mit zwei den Transformator allseitig umgebenden Ringen verschraubt sind. Es handelt sich hier offenbar um eine Abart, wenn nicht Nachahmung, der alten Ganzschen Bauart, bei welcher der Transformator innerhalb zweier runder Bleche eingebaut war, die eine leichte Ortsveränderung durch Rollen ermöglichten. Dieselbe Firma beschreibt gleichzeitig die Ausführungsform zur Erhitzung von Schrumpfringen an Radbereifungen, welche als Sekundärwicklung übergeschoben werden, wobei ein Schenkel des magnetischen Kreises um eine Achse drehbar angeordnet ist, um die Ringe aufschieben zu können. — Die Brush Co.[33]) beschreibt einen 900 kVA-Transformator für 40 Schwingungen mit vielen Anzapfungen zur Veränderung der Spannung. — Eine mit Bildern versehene Beschreibung von Bauausführungen großer Transformatoren der British Westinghouse Co.[34]) zeigt Typen für Ölkühlung mit Rippenkörper und Umlaufröhren für 2500 kVA und 9000 kVA bei 50 Wechseln, wobei der

größere Typ einen besonderen Ölkühler samt Motorpumpe aufweist. — Eine wertvolle Neuerung scheint durch die British Thomson-Houston Co.[35]) durch Einführung von Beton als Baustoff für Reaktanzspulen eingeführt zu sein. Diese sind zur Beseitigung der unheilvollen Wirkung von Kurzschlüssen bestimmt und werden ohne Eisenkern gebaut. Metall als Baustoff verbot sich daher wegen der Wirbelströme, während Beton wegen seiner gleichzeitig gut isolierenden Eigenschaften sich als guter Ersatz erwies. — Der Kappsche „Vibrator“ zur Beeinflussung des Leistungsfaktors wird neu beschrieben.

Über Ausführung von Masttransformatoren bringen die BBC-Werke[36]) einige Grundsätze für Aufbau und Befestigung nebst Bildern. Als Spannungsgrenze gilt 20 bis 25 kV, als Leistungsgrenze 50 kVA bei Einphasenstrom und 70 kVA für Drehstrom. Die Bilder zeigen hauptsächlich die Art der Anzapfungen, Ausbildung der Deckel und Anbringung an den Kasten. — Es wird auf die Vorteile verwiesen[37]), welche in bezug auf Verringerung der Streuung dadurch erzielt werden können, daß die Niederspannungswicklung in zwei Teile geteilt wird, von denen der eine unterhalb, der andere oberhalb der Hochspannungswicklung liegt.

Ruhende Frequenzwandler. Die drahtlose Telegraphie hat die Bemühungen zur Erhöhung der Wellenzahl durch ruhende Transformatoren mittels Sättigung in den Vordergrund gerückt.

Korda[38]) versucht die Frage der Frequenzumwandlung von einem allgemein mathematischen Standpunkt aus zu betrachten, den er das Prinzip der Mehrphasenkonsonanz nennt und mit dessen Hilfe es gelingt, durch eine einzige statische Umwandlung die Wellenzahl mit einem beliebigen ungeraden Faktor zu vervielfachen. Bedingung ist hierbei ein gesättigter Transformator und ein Mehrphasensystem ungerader Phasenzahl. — In Anknüpfung an die theoretische Erörterung von Osnos über die Erregungsgesetze von Frequenzverdopplern entwickelt sich zwischen ihm und Lehmann[39]) ein Streit über deren Zulässigkeit. Insbesondere handelt es sich um die Erreichung der günstigsten Erregung für die Summe der Gleichstrom-Wechselstrom-AW.

Gleichstrom-Transformatoren. Carter[40]) stellt Berechnungen über die günstigste Anordnung, Größe und Betriebskosten von Maschinen zur Gleichstromtransformierung an, unter Berücksichtigung verschiedener Schaltungsarten für veränderliche und feste Spannungserhöhung oder -Erniedrigung, wobei auch die Ward-Leonhard-Methode Berücksichtigung findet.

Betrieb. Öl. In recht erschöpfender Weise faßt Schendell[41]) alle Punkte zusammen, die für die Beurteilung der Schalter- und Transformatorenöle sowohl vom Friedens- wie auch vom Kriegsstandpunkte aus in Frage kommen. Besprochen wird Art, Farbe und Verunreinigungen des Öles samt Untersuchungsverfahren, Einheitsgewicht, Zähflüssigkeit, Flammpunkt, Brennpunkt, Gefrierpunkt, dann aber auch Verharzung, Verteerung, Verdampfung, Wasser- und Säuregehalt, endlich Gehalt an freiem Alkali, Schwefel, Harz, Asphalt und fremden Ölen. Ein brauchbarer Wegweiser durch das Gesamtgebiet. — In größerem Umfange bespricht Flight[42]) die bekannten Eigenschaften, welche Transformatoröle besitzen müssen, und bespricht die Öle verschiedener Herkunft, wie russische, amerikanische und andere Ölsorten. Die erforderlichen Prüfanordnungen und deren Ergebnisse werden behandelt und Ergebnisse mitgeteilt. — Zur Reinigung und Trocknung des Öles wird von BBC[43]) eine Filterpresse benutzt, die das Öl mit einem höchst zulässigen Druck von 6 Atm. durch trockenes Filtrierpapier durchdrückt. Meist werden 5 Filterblätter verwendet. Die Presse mit Hilfsgeräten und Antriebsmotor ist auf einem beweglichen Gestell eingebaut. Es können 1000 kg Öl in 2 bis 3 h gereinigt werden.

Shepherd[44]) beschreibt einen Fall, wo durch besondere räumliche Verhältnisse ein Wegschaffen der Wärme in dem Transformatorenraum eines Unterwerkes Schwierigkeiten bereitete. Nachträgliche Anlage eines Kühlsystemes mit umlaufendem Öl außerhalb der Transformatoren erlaubte es, einen großen Teil davon außer Betrieb zu setzen und durch Verringerung der Eisen-

verluste trotz der verwickelten Pumpeneinrichtung erhebliche Ersparnisse zu machen. — Skinner[45]) empfiehlt den Einbau von Drosselspulen, genannt Reaktoren, zum Schutz von Stromerzeuger und Anlage durch Begrenzung des möglichen Kurzschlußstromes. Er bespricht den Aufbau solcher Spulen ohne Eisenkern, die Aufstellung und den Betrieb und warnt besonders vor unüberlegter Aufstellung in der Nähe von Metallmassen. Beispiele von Abmessungen werden gegeben und Versuche über Erwärmung angeführt. Besondere Beachtung verdienen die mechanischen Beanspruchungen, welche der Grenzstrom auszuüben imstande ist. — In einer ausführlichen Arbeit[46]) wird die Notwendigkeit der sorgfältigen Untersuchung von Transformatoren vor Inbetriebsetzung hervorgehoben, Besichtigung und Reinigung der Durchführungen, der Anschlüsse, des Ausgießens mit Compoundmasse, des Anstriches und allgemeine Reinigung der Behälter.

[1]) L. H. A. Carr, ETZ, S 249. — [2]) El. Masch.-Bau, 1917, S 96. (Nach BBC. Mitt. III. Heft 8, 1916.) — [3]) S. Neville, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 267. — [4]) Badey, Rev. Gén. El. Bd 3, S 163. — [5]) Bruce Peebles & Co., Electr. (Ldn.) Bd 80, S 774. — El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 247. — [6]) J. Obach, ETZ, S 414, 423. — [7]) W. Tschudy, El. World Bd 71, S 403. — [8]) A. E. Müller, El. Masch.-Bau- S 558. (Nach Schweiz. Bauztg. Bd 72. Nr. 13.) — [9]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau, S 431. — [10a]) R. Schumann, ETZ. S 464. — [10b]) J. Reyval, Rev. Gén. El. Bd 3, S 397. — [11]) Langdon-Davies, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 613. — [12]) Svedberg, ETZ, S 149. — [13]) R. Bauch, ETZ, S 245, 256. — [14]) M. Vidmar, ETZ, S 281, 295. — [15]) Fr. Dessauer, ETZ, S 518; E. Welter, ETZ, S 373, 383. — [16]) Fr. Kade, ETZ, S 513. — [17]) A. Imhof, Arch. El. Bd 7, S 121. — [18]) H. Schering, Arch. El. Bd 7, S 47. — [19]) A. Zelewski, El. Masch.-Bau, S 425. — [20]) A. Dubar, Rev. Gén. El. Bd 4, S 817. — [21]) R. Edler, Helios Fachz., S 33, 41. — [22]) A. Finsler, Helios Fachz., S 249. — [23]) V. M. Montsinger u. A. T. Childs, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 450. — [24]) R. C. Dennison, El. World Bd 70, S 855. — [25]) A. Mandl, El. Masch.-Bau, S 185, 197. — [26]) A. Still, El. World Bd 72, S 113. — [27]) W. Fuhrmann, El. Anz., S 191, 201. — [28]) British Insul. & Helsby Cables (Ltd.), Electr. (Ldn.) Bd 80, S 530. — [29]) E. W. Dorey, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 81. — [30]) L. Robinson, Rev. Gén. El. Bd 4, S 150 (nach Proc. Am. Inst. El. Eng. 1917, S 967). — [31]) El. Anz. S 211, 217. — [32]) El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 486. — [33]) Brush El. Eng. Co., El. Rev. (Ldn.) Bd. 83, S 11. — [34]) British Westinghouse Co, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 150. — [35]) British Thomson-Houston Co., Electr. (Ldn.) Bd 80, S 860. — El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 344. — [36]) BBC, El. Masch.-Bau, S 338. — [37]) Helios Fachz., S 295. — [38]) D. Korda, ETZ, S 486. — [39]) Th. Lehmann u. M. Osnos, ETZ, S 110. — [40]) Th. Carter, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 492, 514. — [41]) G. Schendell, ETZ, S 242. — [42]) W. S. Flight, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 636, 664, 686. — [43]) BBC, Helios Fachz., S 30. — [44]) C. H. Shepherd, El. World Bd 71, S 560. — [45]) Skinner, El. World Bd 71, S 924. — [46]) El. World Bd 71, S 875.

Messungen an elektrischen Maschinen.

Von Oberingenieur L. Schüler.

Verluste. Eine ausführliche Arbeit von Alfred Imhof[1]) behandelt die Verlustmessung an el. und anderen Maschinen mittels der Auslaufmethode. Der Verfasser hat sich mit Erfolg bemüht, diese Methode derart zu verbessern, daß mit geringstem Zeitaufwand größte Genauigkeit erzielt wird; er erreicht dies im wesentlichen dadurch, daß er nicht die ganze Auslaufkurve aufnimmt, sondern nur die Auslaufzeiten für zwei verschiedene Drehzahlen bestimmt und ein graphisches Verfahren angibt, um die zu messenden Verluste hieraus zu ermitteln. Es werden verschiedene Versuchsverfahren für größere und kleinere Maschinen beschrieben. — Denselben Gegenstand behandelt ein Aufsatz von Fr. Honsů[2]). Auch dieser Verfasser empfiehlt, die Aufnahme der vollständigen Kurve durch die Messung von zwei Auslaufzeiten zu ersetzen.

Festigkeit umlaufender Magneträder. Richard Neumann[3]) behandelt die Untersuchung rasch laufender Magneträder in Theorie und Praxis. Der erste, theoretische Teil der Arbeit gibt eine Übersicht über die bekannten Methoden zur Festigkeitsberechnung durch Fliehkraft beanspruchter Maschinenteile. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die Berechnung nur mit erheblicher Unsicherheit erfolgen kann, so daß eine nachträgliche Prüfung notwendig wird, bei der natürlich Maßnahmen zur Verhütung von Unglücksfällen getroffen werden müssen. Es wird sodann ein von der AEG eingerichteter Versuchsstand (Prüfgrube) eingehend beschrieben. Die Arbeit enthält lehrreiche Abbildungen der von explodierenden Magneträdern verursachten Zerstörungen.

Temperatur. Montsinger und Childs haben ein Verfahren angegeben[4]), um die Temperatur von Transformatoren während des Betriebes zu messen und dauernd zu überwachen. Das Verfahren beruht auf der Messung des Widerstandes eines in der Wicklung eingebetteten Kupferdrahtes; der Draht steht mit der zu messenden Wicklung in leitender Verbindung, besitzt also im allgemeinen ein hohes Potential. In einer Brückenschaltung wird der Widerstand des Prüfdrahtes bei Raumtemperatur gegen einen Vergleichswiderstand abgeglichen derart, daß der Ausschlag des Strommessers im Nulleiter der Brücke den Temperaturunterschied zwischen Prüfdraht und Vergleichswiderstand anzeigt. Die Messung erfolgt mit Wechselstrom, wodurch die Zwischenschaltung eines Isoliertransformators gegen den Hochspannung führenden Prüfdraht ermöglicht wird.

[1]) Imhof, Bull. Schweiz. E. V., S 57. — [2]) Honsĉ, ETZ, S 435. — [3]) Neumann, ETZ, S 313. — [4]) Montsinger u. Childs, Gen. El. Rev. 1918, Heft 6, Auszug in El. Masch.-Bau, S 430.

Betrieb elektrischer Maschinen.

Von Oberingenieur L. Schüler.

Regelung.

Spannung. Ein Aufsatz von K. Trost[1]) gibt einen Überblick über die vorhandenen selbsttätigen Spannungsregler; es wird unterschieden zwischen den älteren „trägen" Reglern, Eilreglern (von SSW) und Schnellreglern (Tirill und ähnliche). Die Arbeit enthält zahlreiche Abbildungen und Schaltungspläne. — Die Spannungsregelung an Quecksilberdampf-Gleichrichtern behandelt eine Arbeit von B. Schäfer[2]). Näheres hierüber siehe unter „Parallelbetrieb".

Geschwindigkeit. Osnos[3]) beschreibt in einer sehr ausführlichen Arbeti eine neue Regelungsart für Wechselstrom-Kommutatormotoren, die darin besteht, daß die Permeabilität des Eisens durch überlagerte Gleichstromerregung beeinflußt wird. Bei der einen Regelungsart wird das Gleichstromfeld in dem zu regelnden Motor selbst erzeugt, wobei zur Vermeidung von Störungen die Polzahl des Gleichstromfeldes von der des Wechselstromfeldes abweicht. Eine andere Regelungsart besteht darin, daß die Permeabilität einer Drosselspule, die der Feldwicklung des zu regelnden Motors parallel geschaltet ist, durch überlagerte Gleichstromerregung geändert wird. Es werden zahlreiche Schaltungsmöglichkeiten für Einphasen- und Mehrphasenstrom beschrieben, auch die Bauart von Drosselspulen und Transformatoren mit übergelagertem Gleichstromfeld, wie sie z. B. auch für Frequenzverdopplung verwendet werden, wird ausführlich behandelt. Zum Schluß werden Versuchsergebnisse, u. a. an einem Einphasen-Bahnmotor von 600 kW mitgeteilt. Es konnte hierbei die Leistung bei gleichbleibender Drehzahl von 241 bis 330 kW geregelt werden; die höchste Aufnahme der Drosselspule betrug 50 kVA, der Gleichstromverbrauch betrug nur 300 W. — In einem Aufsatz von W. Bethge[4]) wird die Zweckmäßigkeit der Feldschwächung bei Gleichstrom-Bahnmotoren behandelt. Diese Regelungsart ergibt neben der leichteren Anpassung der Bahngeschwindigkeit an die

örtlichen Verhältnisse noch beträchtliche Ersparnisse im Stromverbrauch, weil ein Teil der Beschleunigungs- und Bremsperiode durch verlustlose Regelung beherrscht wird. Die Arbeit enthält hierüber ausführliche Berechnungen an Hand zahlreicher Schaulinien.

Ein- und Ausschalten (Anlassen).

Der verstorbene W. Linke behandelt in einem nachgelassenen Aufsatz[5]) das Schalten großer Gleichstrommotoren ohne Anlaßwiderstände. Er unterzieht das in der ETZ 1912, S 759 von Trettin angegebene Verfahren einer Kritik und kommt zu dem Ergebnis, daß nur in seltenen Ausnahmefällen Widerstand und Selbstinduktion des Stromkreises genügend groß sind, um das Einschalten größerer Motoren ganz ohne Vorschaltwiderstand zu gestalten. Er zeigt dagegen, daß durch die Verwendung eines einstufigen Anlassers (Schalter mit Vorkontakt) eine ganz wesentliche Verringerung des Einschaltstromstoßes erzielt, und daß ein solcher einfacher Anlaßschalter häufig mit Vorteil an Stelle von mehrstufigen Anlassern verwendet werden kann. Die Ausführungen werden durch zahlreiche Oszillogramme unterstützt.

Eine Arbeit von Th. Schou[6]) behandelt das Anlassen von Drehstrom-Synchronmotoren mit ausgesprochenen Polen, die zur Erleichterung des Anlaufens mit einer Käfigwicklung ausgerüstet sind. Es werden die günstigsten Anlaufverhältnisse betrachtet sowohl bei offener wie bei kurzgeschlossener Erregerwicklung; hierbei wird unterschieden zwischen dem eigentlichen Anlaufen und dem Einschnappen in Synchronismus. Der Aufsatz enthält zahlreiche Kurven, aus denen z. B. zu entnehmen ist, daß ein gut gebauter Synchronmotor bei Zufuhr der halben normalen Betriebsspannung (mittels Anlaßtransformator) mit 70% seines normalen Drehmoments anläuft und hierbei etwa 170% seiner Normalleistung (in kVA) aufnimmt. Um ihn aber gegen dasselbe Drehmoment in Synchronismus zu bringen, muß die zugeführte Spannung auf 75% der normalen erhöht werden, wobei der Motor etwa das Vierfache seiner Normalleistung aufnimmt.

Das Anlassen von Motoren (hauptsächlich Gleichstrommotoren) mittlerer Leistung (etwa bis zu 15 kW) behandelt eine ausführliche Arbeit von Clewell[7]) nach einem Vortrag von James[8]) im American Institute of Electrical Engineers. Die in den letzten Jahren erzielten Verbesserungen der Motoren, besonders die Einführung der Wendepole, in Verbindung mit der zunehmenden Größe der Kraftwerke, gestattet die Anwendung höherer Anlaufströme, als früher üblich. Es ist deshalb nicht mehr notwendig, vielstufige Anlasser zu verwenden, sondern der Anlaßwiderstand kann in einer bis zwei Stufen kurzgeschlossen werden; der Aufsatz enthält Oszillogramme der hierbei auftretenden Anlaufströme. Ferner ist es, nach Ansicht des Verfassers, bei Motoren bis 35 kW mit Drehzahlregelung durch Feldschwächung zulässig, den ganzen Feldwiderstand auf einmal ein- und auszuschalten; Motoren, die Werkzeugmaschinen antreiben, laufen im allgemeinen unbelastet an, so daß das Anlassen von Reguliermotoren auch bei geschwächtem Feld erfolgen kann. Dieser Ansicht des Verfassers wurde in der Erörterung, wohl mit Recht, widersprochen. Der Aufsatz enthält außerdem eine Beschreibung von Schützensteuerungen für verschiedene Antriebe. — Eine andere Arbeit desselben Autors[9]) behandelt das Anlassen von Drehstrommotoren; sie enthält zahlreiche Schaltbilder und Abbildungen amerikanischer Anlaßtransformatoren. — Der Einschaltstrom bei Transformatoren wird von Vidmar[10]) ausführlich behandelt und Maßnahmen zu seiner Unschädlichmachung angegeben. Die von Vidmar entwickelten Formeln ergeben außerordentlich hohe Werte des Einschaltstromes, wie sie in der Praxis wohl kaum auftreten; insbesondere wird der Einfluß der Remanenz stark überschätzt.

Parallelbetrieb.

A. Lang[11]) behandelt den Parallelbetrieb von Transformatoren mit abweichender Kurzschlußspannung, wie er jetzt häufig nicht zu vermeiden ist,

wenn ein Transformator mit Wicklung aus Ersatzmetall mit einem vorhandenen Kupfertransformator parallel arbeiten soll. Die Stromverteilung wird an Hand von Diagrammen erläutert; der Verfasser empfiehlt schließlich, das Übersetzungsverhältnis der Transformatoren so abzustimmen, daß wenigstens bei Vollast gleichmäßige Stromverteilung erzielt wird. — Eine Arbeit von B. Schäfer[12]) behandelt den Parallelbetrieb von Quecksilberdampf-Gleichrichtern mit Maschinen. Es werden verschiedene Verfahren beschrieben, um die Spannung der Gleichrichter einerseits willkürlich zu regeln und anderseits die Abhängigkeit der Spannung von der Belastung nach Wunsch einzustellen. Es werden im wesentlichen Transformatoren mit Windungsschaltern und Drehtransformatoren verwendet, ferner Drosselspulen in verschiedenen Schaltungsweisen, auch mit überlagerter Gleichstromerregung.

[1]) Trost, Helios, S 353. — [2]) Schäfer, ETZ, S 321. — [3]) Osnos, ETZ, S. 205. — [4]) Bethge, El. Kraftbetr., S 73. — [5]) Linke, ETZ, S 453. — [6]) Schou, Electr. World, Bd 71, S 714. — [7]) Clewell, El. World, Bd 72, S 60. — [8]) James, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1917, S 253. — [9]) Clewell, El. World Bd 72, S 438. — [10]) Vidmar, El. Masch.-Bau, S 273. — [11]) Lang, El. Masch.-Bau, S 44. — [12]) Schäfer, ETZ, S 321.

Anlaßapparate, Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial.

Von Oberingenieur Ch. Krämer.

Auf diesem Gebiet ist, soweit die Veröffentlichungen erkennen lassen, wesentlich Neues nicht geschaffen worden. Erwähnt seien hier **selbsttätige Drehstromanlasser** der Firma Vogt & Häffner, beschrieben von W. Ernst[1]). Das Wesentliche besteht darin, daß ein Hilfsmotor sowohl beim Anlassen als auch beim Ausschalten stets in derselben Richtung läuft, wodurch umständliche Umkehreinrichtungen vermieden werden. Neu ist dabei, daß während der Bewegung des Anlasserhebels zwischen der Ansstellung und dem ersten Anlaßkontakt ein Schloß gespannt wird, welches auf dem ersten Anlaßkontakt freigegeben wird und den Ständerschalter einrückt. Die Anlasser sind mit Nullauslösung versehen und für kleinere Leistungen gedrängt in einem Apparat zusammengebaut, während für größere Leistungen der Anlasser getrennt vom Hilfsmotor und Ölschalter aufgestellt werden kann. In einer Erwiderung macht E. Pfiffner[2]) darauf aufmerksam, daß Anlasser mit gleichbleibender Drehrichtung beim Ein- und Ausschalten bereits früher von BBC hergestellt wurden.

Von den **Anlaßverfahren für Induktionsmotoren** gibt C. E. Clewell[3]) eine übersichtliche Zusammenstellung unter besonderer Berücksichtigung der Kurzschlußmotoren mit Anlaßtransformatoren, indem er besonders diejenigen Schaltungen berücksichtigt, die ein Überschalten von Anlaß- zu Betriebsstellung ohne Unterbrechung gestatten. Im Anschluß daran sind Apparate verschiedener Firmen und die benutzte Literatur angegeben.

Regulierapparate für Schnellpressenantrieb müssen, wie P. Weiske[4]) schreibt, besonders hohen Anforderungen in bezug auf sanftes Anfahren und Regelung der Umdrehungszahl genügen. Die Apparate der AEG, welche besonders für diesen Zweck gebaut sind, erlauben 50% Regulierung im Hauptstrom und 100% im Nebenschluß. Sie sind ferner für Umsteuerung eingerichtet und besitzen Null- und Überstromausschaltung, wodurch es möglich ist, sie von beliebiger Stelle aus mittels Druckknopfes auszuschalten. Die Anlasser für Drehstrom besitzen zum Umsteuern eine besondere Ständerwalze, welche mit dem Anlasserhebel derart verriegelt ist, daß die Umsteuerung nur in der Nulllage erfolgen kann.

Regler aus Kohlendruckplatten von H. Allen[5]) besitzen den Vorzug, daß ihr Widerstandswert stufenlos durch Druckänderung in den Grenzen von 1 bis 100 gesteigert werden kann.

Berechnung von Widerständen. P. Poitrimol[6]) gibt auf Grund einer mathematischen Untersuchung ein Kurvenblatt, welches die Berechnung von Erregerwiderständen außerordentlich erleichtert. — Eine weitere Arbeit zur Berechnung der in Anlassern beim Anlassen vernichteten Energie in Abhängigkeit vom Drehmoment des Motors, der Last und der Anlaßdauer bringt F. Saint-Germain[7]) im Anschluß an eine frühere Arbeit (vgl. JB 1917, S 46).

Widerstandsmaterial. Eine Zusammenstellung[8]) über die Widerstände einiger Eisenlegierungen der Gruppe Eisen, Nickel, Chrom, Mangan ist in El. Masch.-Bau zu finden.

[1]) W. Ernst, ETZ, S 36. — [2]) E. Pfiffner u. W. Ernst, ETZ, S 99. — [3]) C. E. Clewell, El. World, Bd 72, S 438. — [4]) P. Weiske, Mitt. AEG, S 80. — [5]) El. World, Bd 71, S 989. — [6]) P. Poitrimol, Rev. Gén. El. Bd 3, S 715. — [7]) F. Saint Germain, Rev. Gén. El. Bd 3, S 15. — [8]) El. Masch.-Bau, S 246.

III. Verteilung und Leitung.

Verteilungssysteme und deren Regelung. Berechnung der Netze und der Leitungen, elektrische und mechanische Messungen an Leitungen. Von Oberingenieur Dr. Paul Cohn, Berlin. — Beschaffenheit und Herstellung der Leitungsdrähte und Kabel; Isolierstoffe. Von Dr. Richard Apt, Berlin. — Ausführung der Leitungen, Stromsicherungen, Installationsmaterial, Schaltanlagen und Schalter. Von Oberingenieur Karl Hansen Bay, Berlin. — Überspannung, Störungen, Gefahren, Spannungssicherungen, Korona. Von Prof. Dr.-Ing. W. Petersen, Darmstadt.

Verteilungssysteme und deren Regelung, Berechnung der Netze und der Leitungen, elektrische und mechanische Messungen an Leitungen.

Von Oberingenieur Dr. Paul Cohn.

Berechnung der Leitungen. Für die Strom- und Spannungsverteilung bei langen Wechselstromleitungen mit gleichmäßig verteilter Kapazität, Induktivität und Ableitung werden von verschiedenen Seiten Lösungen in neuer Form gegeben. Kummer[1]) knüpft an die nach Thomas in der ETZ 1911 wiedergegebene reelle Lösung der Zustandsgleichungen an und zeigt, daß sie ebenso übersichtlich wie die symbolische Form der Lösung den Belastungszustand durch die Übereinanderlagerung des Leerlauf- und des Kurzschlußzustandes ausdrücken läßt. — Mahlke[2]) leitet gleichfalls reelle Formeln unter Verwendung hyperbolischer Funktionen ab, die einen guten Einblick in die Strom- und Spannungsverhältnisse längs der Leitung gewähren. Es gibt bestimmte Werte des Leistungsfaktors und des Verhältnisses V/I, bei denen sie längs der Leitung unverändert bleiben. Im allgemeinen pendeln sie längs der Leitung um diese „natürlichen" Werte, mit einer nach der Stromquelle zu abnehmenden Amplitude. Anwendungen auf Fernsprech- und Hochspannungskabel erläutern die Formeln; zur Erleichterung der Zahlenrechnungen werden für einige Kabel und Freileitungsanordnungen die Festwerte zusammengestellt. — Latour und Viard[3]) geben im Anschluß an die von Kennelly gegebene Lösung durch hyperbolische Funktionen komplexer Variabeln ein von M. Brown herrührendes graphisches Verfahren wieder, das eine einfache und rasche zahlenmäßige Ermittelung der in der Auflösung vorkommenden Ausdrücke gestattet. — Auf einem Näherungsverfahren, bei dem die Ableitung zunächst vernachlässigt wird und ferner in der Reihenentwicklung der hyperbolischen Funktionen nur die beiden ersten Glieder berücksichtigt werden, beruht eine von Wilkinson[4])

gegebene Lösung. Die in dieser auftretenden Festwerte sind aus Schaulinien in Abhängigkeit von Frequenz und Leitungslänge zu entnehmen.

An Stelle der genauen Berechnung von Verteilungsnetzen nach den Verfahren von Herzog, Coltri u. a., die nur bei genauer Kenntnis der Belastungsverteilung Wert hat, empfiehlt Savino[5]) ein Näherungsverfahren, das darauf beruht, versuchsweise das Netz in einzelne Zonen um die Zentrale herum und diese wieder in Bezirke, die von je einem Punkte gespeist werden, aufzuteilen. Wenn nötig, kann die Richtigkeit der Aufteilung durch Kontrollrechnungen nach einem der üblichen Verfahren nachgeprüft werden. — Karapetoff[6]) zeigt an einem Beispiel, daß bei Parallelschaltung einer Freileitung zu einem Kabel bei Wechselstrom jeder der Leiter unter Umständen Ströme führen kann, die den Gesamtstrom übersteigen. — Für Parallelschaltung mehrerer Stromkreise mit Selbstinduktion oder auch solcher mit Selbstinduktion und Kapazität bestimmt Pecheux[7]) die resultierende Impedanz nach Größe und Richtung. — Ein graphisches Verfahren zur Bestimmung des Stroms und Leistungsfaktors in einer Hauptleitung, die eine Anzahl Abnehmer mit verschiedenen Werten des Leistungsfaktors speist, gibt Castex[8]). — An verschiedenen Beispielen unsymmetrischer Anordnung von Drehstromleitungen untersucht Humphrey[9]) die durch eine solche und durch unsymmetrische Lastverteilung hervorgerufene Ungleichheit des Spannungsabfalls und gibt Mittel zu ihrer Verringerung an.

Die wirtschaftliche Ausnutzung von Höchstspannungsleitungen untersucht Horstmann[10]) unter Zugrundelegung von Zahlenwerten, die den Anlagekosten der 110-kV-Leitungen des Murgwerkes entnommen sind, und ermittelt daraus die wirtschaftliche Stromdichte bei Wasser- und Dampfkraftanlagen mit verschiedenen Belastungsverhältnissen. Die dieser wirtschaftlichen Stromdichte entsprechende Strombelastung ist bei gegebenem Leitungsquerschnitt höher als diejenige, die sich aus der Berechnung des wirtschaftlichen Leitungsquerschnitts bei gegebener Belastung ergibt. Der bei wirtschaftlichster Ausnutzung der Leitungen auftretende hohe Spannungsabfall soll durch Regelvorrichtungen in den Zwischenstationen ausgeglichen werden. Wertvoll für Überschlagsrechnungen sind die Angaben über Mastgewichte usw. in Abhängigkeit von Zugbeanspruchung und Leitungsquerschnitt. — Auch Roth[11]) empfiehlt zur Regelung der Spannung den Einbau von Drehtransformatoren in die Zwischenstationen, in denen die Ober- auf die Mittelspannung herabgesetzt wird, und gibt eine Schaltung an, bei der die Stromtransformatoren, die den Drehtransformatoren die Erregerspannung zuführen, entbehrlich werden. Er untersucht ferner die Reichweite verschiedener Spannungen bei vorwiegend landwirtschaftlichen Überlandzentralen und findet, daß eine Mittelspannung von 6 bis 10 kV meist wirtschaftlicher ist als die in Deutschland überwiegende Spannung von 15 kV. — Hoppe[12]) weist darauf hin, daß der durchschnittliche jährliche Energieverlust nur einen Bruchteil desjenigen bei Höchstbelastung ausmacht und fordert namentlich mit Rücksicht auf die jetzige Materialknappheit die Wahl kleiner Querschnitte und Zulassung hoher Verluste. — Die auch in England in den Vordergrund des Interesses getretene Frage der Versorgung der Industriegebiete von Großkraftwerken aus, die auf den Kohlengruben errichtet werden, und die bei der Übertragung zu beachtenden Gesichtspunkte behandelt Welbourn[13]) eingehend. Die alte Abneigung gegen Freileitungen besteht noch immer, die Gründe, die gegen solche sprechen, werden sehr stark betont. Bis 33000 V werden die nach dem gegenwärtigen Stand der Kabeltechnik zuverlässigen Kabel bevorzugt. Bemerkenswert ist, daß statt der früher in England allgemein üblichen Verlegung unarmierter Kabel nach dem solid system oder ihres Einziehens in Rohre jetzt die direkte Einlegung armierter Kabel in die Erde empfohlen wird, da hierbei eine höhere Strombelastung zulässig ist. — Reyneau[14]) ermittelt die wirtschaftlichen Querschnitte der Speiseleitungen städtischer Netze, und zwar getrennt für solche mit überwiegendem Licht- und solche mit überwiegendem Kraftbedarf; für beide Arten von Leitungsnetzen wird die in die Rechnung eingehende „äquivalente Dauer“ der

Höchstbelastung aus den Betriebsaufzeichnungen einer Anzahl typischer amerikanischer Anlagen bestimmt.

Der Verbesserung des Leistungsfaktors bei Energieübertragungen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Übertragungsleitungen und Herabsetzung der Leitungsverluste wird in Frankreich besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Rieunier[15]) behandelt ausführlich theoretisch die Lösung dieser Aufgabe durch Einbau übererregter Synchronmotoren und berichtet auch über praktische Ausführungen. — In einer amerikanischen Anlage sind nach Dubois[16]) zu gleichem Zweck statische Kondensatoren erfolgreich angewendet worden. — Um die Abnehmer zur Verbesserung des Leistungsfaktors zu veranlassen, sind nach Bußmann[17]) bei ihnen Sinus- oder Leerzähler einzubauen; die nach deren Angaben verbrauchten Leerkilowattstunden werden nach einem besonderen Tarif berechnet. Wertvoll ist dieses Verfahren auch beim Parallelarbeiten verschiedener Kraftwerke, die abwechselnd Strom liefern und empfangen; hier liegt die Gefahr vor, daß ein Werk auf Kosten des anderen seinen Leistungsfaktor zu hoch zu halten sucht und dadurch den Parallelbetrieb erschwert. Hier schlägt Bußmann einen Tarif vor, der für die am Leerzähler abgelesenen Fehlmengen an Leerkilowattstunden des liefernden Werks eine an das belieferte Werk zu zahlende Vergütung festlegt.

Messungen in Leitungsnetzen. Für Fehlerortsbestimmungen in Kabeln gibt Puget[18]) ein einfaches Verfahren an, zu dem nur ein leicht transportables Instrumentarium, bestehend aus einer Batterie für etwa 25 V, einem Milliamperemeter und einem Umschalter, gebraucht wird; es setzt voraus, daß der Fehlerwiderstand während der Vornahme der beiden erforderlichen Messungen sich nicht ändert. — Ein ähnliches Verfahren für Drehstromkabel, das bei kleinem Fehlerwiderstand und zwei gesunden Kabeladern zum Ziele führt, beschreibt Conge[19]). — Stubbings[20]) gibt einige Abänderungen der Fehlerortsbestimmung durch Schleifenbildung nach Raphael für bestimmte Sonderfälle, in denen die letztere versagt oder nicht hinreichend genaue Resultate liefert. — Die Fehlerortsbestimmung durch Kapazitätsmessungen, die bei Unterbrechung in den Kabeladern angewendet wird, setzt voraus, daß die kilometrische Kapazität zu beiden Seiten der Unterbrechungsstelle gleich ist. Trifft dies nicht zu, indem das Kabel etwa auf einer Seite der Fehlerstelle Erdschluß hat, auf der anderen nicht oder indem die Anzahl der fehlerhaften Adern beiderseits verschieden ist, so können, wie Lewin[21]) nachweist, die bei der Bestimmung der Fehlerstelle möglichen Abweichungen Werte erreichen, die das Verfahren unbrauchbar machen. — Über Kabelprüfungen mit hochgespanntem Gleichstrom bis 150 kV mittels eines Hochvakuum-Gleichrichters nach Fleming berichtet Sarolea[22]).

Ein schon im JB 1916, S 58 kurz erwähntes, von der Firma Glover hergestelltes Hochspannungskabel mit einem unter dem Bleimantel befindlichen, von diesem schwach isolierten Schutzleiter wird von Beaver[23]) näher beschrieben. Der Schutzleiter ist im Kraftwerk mit einem elektrostatischen Voltmeter verbunden, dessen anderer Pol an Erde liegt und das somit Isolationsfehler sowohl gegen den Bleimantel als auch gegen die Kabeladern anzeigt. Durch Einschaltung einer Prüfeinrichtung kann der Fehler nach Größe und Lage bestimmt, durch eine an beiden Enden des Kabels eingebaute Schutzschaltung können Warnsignale betätigt oder das fehlerhafte Kabel abgeschaltet werden. Es wird über günstige Betriebserfahrungen mit dieser Anordnung berichtet. — Einen von S & H gebauten Leckstrommelder für Freileitungen an Eisenmasten beschreibt Behrend[24]); die durch die Erde verlaufenden Fehlerströme rufen in einem Fernhörer, der zwischen die beiden metallischen Sohlen einer sich der Fehlerstelle nähernden Person geschaltet ist, ein Geräusch hervor, das verschwindet, wenn die Bewegung senkrecht zu den Stromlinien erfolgt.

Horstmann und Tousley[25]) haben die Temperaturerhöhung durch den elektrischen Strom bei gummiisolierten Leitungen verschiedenen Querschnitts, die entweder offen oder in Röhren verlegt waren, gemessen und benutzen diese

Messungen zur Aufstellung von Tafeln für die Temperaturzunahme bei intermittierender Belastung. — Die künstliche Kühlung stark belasteter, in Rohre eingezogener Kabel durch Einblasen von Luft in die Rohre ist nach Keating und Müller[26]) erfolgreich angewendet worden; die Kabeltemperatur sank von 56° auf 36° C.

Verschiedenes. Die in den Freileitungsnormalien des VDE vom Jahre 1914 gegebene Formel für die den Durchhangs- und Festigkeitsrechnungen der Leitungen zugrunde zu legende Zusatzlast wird von Wittek[27]) einer kritischen Betrachtung unterzogen. Während sie der Form nach richtig ist, bedürfen die angenommenen Festwerte einer Richtigstellung, für die verschiedene Vorschläge gemacht werden. — Zu dem im Vorjahre erwähnten Aufsatz (JB 1917, S 48) von Krzyzanowski über den Einfluß der Isolatorenketten auf die Beanspruchung und den Durchhang im Spannfelde werden in der ETZ[28]) einige Ergänzungen gegeben.

Gormann[29]) leitet Formeln zur Bestimmung des Kurzschlußstromes an den verschiedenen Stellen einer Hochspannungs-Übertragungsanlage ab, die den Einfluß jedes Netzteils (Leitung, Transformator) auf den Kurzschlußstrom klar erkennen lassen; sie sollen die in den Richtlinien des VDE für Hochspannungsapparate gegebenen, in manchen Fällen mangelhaften Formeln ersetzen.

Müller[30]) untersucht die Strom- und Spannungsverhältnisse bei Anschluß von Asynchronmotoren, Einphasenmotoren und Phasenumformern an unsymmetrische Mehrphasensysteme, d. h. an solche, bei denen die Vektoren der einzelnen Phasen verschiedene Größe haben und verschiedene Winkel miteinander einschließen, indem er zeigt, daß sich ein solches unsymmetrisches System in zwei symmetrische zerlegen läßt.

Lombardi[31]) beschreibt eine künstliche Hochspannungsleitung mit einer natürlichen Wellenlänge von 33 km, die mit Kondensatoren für 30 kV Prüfspannung ausgerüstet ist, und berichtet über Versuche und Messungen daran bei plötzlichen Schaltvorgängen und Kurzschlüssen und über die Prüfung der Wirksamkeit verschiedener Überspannungs-Schutzvorrichtungen.

Niethammer[32]) untersucht die Strombelastung von Metallschienen verschiedener Querschnittsformen für eine gegebene Temperaturzunahme und ermittelt daraus die zulässigen Stromdichten und die Materialersparnisse bei Rechteckschienen und Rohren gegenüber quadratischen und runden Schienen.

[1]) W. Kummer, ETZ S 84. — E. Rossech u. W. Kummer, ETZ S 331. — [2]) Paul Mahlke, El. Rundschau S 9, 17, 25, 33. — [3]) M. Latour u. G. Viard, Rev. Gén. El. Bd 4, S 67. — [4]) T. A. Wilkinson, El. World Bd 71, S 244, 557. — [5]) A. Savino, Rev. Gén. El. Bd 3, S 613. — [6]) V. Karapetoff, Rev. Gén. El. Bd 4, S 120. — [7]) H. Pécheux, Rev. Gén. El. Bd 3, S 891. — [8]) A. Castex, Rev. Gén. El. Bd 3, S 821. — [9]) G. S. Humphrey, El. World Bd 70, S 1097. — [10]) Gg. Horstmann, ETZ S 193. — S. Soroker u. Gg. Horstmann, ETZ S 311. — [11]) H. Roth, ETZ S 113. — [12]) F. Hoppe, ETZ S 153. — [13]) B. Welbourn, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 181. — [14]) P. O. Reyneau, El. World Bd 70, S 1142; Bd 71, S 1072. — [15]) P. Rieunier, Rev. Gén. El. Bd 4, S 771. — [16]) J. F. Dubois, El. World Bd 71, S 257. — [17]) H. Bußmann, ETZ S 93, 105. — R. Stoeppler u. Bußmann, ETZ S 231. — [18]) L. Puget, Rev. Gén. El. Bd 4, S 563. — [19]) L. Conge, Rev. Gén. El. Bd 3, S 409. — [20]) G. W. Stubbings, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 40. — [21]) L. Lewin, El. Masch.-Bau S 210. — [22]) Sarolea, Rev. Gén. El. Bd 4, S 4. — [23]) Beaver, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 204. — [24]) Behrend, ETZ S 297. — [25]) H. C. Horstmann u. V. Tousley, El. World Bd 72, S 489, 690. — [26]) Keating u. Müller, El. World Bd 71, S 823. — [27]) W. Wittek, ETZ S 475. — [28]) W. Wittek, ETZ S 291. — [29]) G. Gormann, ETZ S 444. — [30]) P. Müller, ETZ S 343, 353. — [31]) L. Lombardi, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 25. — [32]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau S 37.

Leitungsdrähte, Kabel, Isolierstoffe.

Von Dr. Richard Apt.

Freileitungen. Die Frage, in welchem Umfange Eisen und Aluminium als Ersatz für Kupfer in Freileitungen verwendet werden können, ist auch im vergangenen Jahre Gegenstand eingehender Untersuchungen nicht nur in Deutschland, sondern auch im Auslande gewesen. Selbst in Amerika, dem Kupferlande, wird die Frage der Verwendung von eisernen Freileitungen für kurze Anschlüsse intensiv verfolgt[1]). Unter der Annahme z. B., daß Auswechselung nach vier Jahren erfolgt, zu einer Zeit, wo der Kupferpreis etwa 1,40 M/kg betragen würde, ergibt sich, daß Eisenleitungen bei einem Preis von 0,76 M/kg Eisenseil nicht teurer werden als Kupferleitungen, wenn der Preis der Kupferleitung zur Zeit der Montage mit etwa 2,80 M/kg angenommen war.

Eingehende Untersuchungen sind von dem Schweiz. Elektrotechnischen Verein[2]) über die Möglichkeit des Ersatzes von Kupfer durch Eisen und Aluminium gemacht worden. Besonders ausführlich ist die Aluminiumfrage von Wyßling untersucht worden. Die Frage der Wetterbeständigkeit der Freileitungen, die besten Methoden der Montage und die Kosten der Unterhaltung werden im einzelnen erörtert. Auch in Frankreich hat man sich, mit Rücksicht auf die nationale Bedeutung der einheimischen Aluminiumindustrie, sehr ausführlich mit der Aluminiumfrage beschäftigt. Es wurden Abnahmevorschriften für Aluminiumleiter ausgearbeitet[3]), die von einer eigens für diesen Zweck bestellten Aluminiumkommission herausgegeben sind. Auch staatliche Institute wurden mit genauen Feststellungen der el. und mechanischen Eigenschaften des Aluminiums beauftragt[4]).

Der fortschreitenden Verwendung von Aluminium gegenüber trat die Anwendung von Zink in den Hintergrund, und es ist wohl auch zu erwarten, daß Zink in verhältnismäßig kurzer Zeit als el. Leitungsmaterial kaum noch angewendet werden wird, mit Rücksicht auf die zahlreichen ungünstigen Ergebnisse im Betrieb. Hoppe[5]) gibt eine zusammenfassende Darstellung der Eigenschaften von Zink als el. Leitungsmaterial auf Grund der Erfahrungen der Kriegszeit.

Grempe[6]) berichtet im Anschluß an einen von Dobrowolsky im Verein zur Förderung des Gewerbfleißes gehaltenen Vortrag über die in der Elektrotechnik benutzten Ersatzstoffe, wobei im besonderen auch die Ersatzmetalle betrachtet werden.

Die weitgehende Wiederanwendung des Kupfers wird auch die kurz vor dem Kriege zustande gebrachten internationalen Kupfernormalien wieder zur Geltung bringen. Savage[7]) polemisiert gegen die Festlegung dieser Normalien, weil sie nicht auf englischen Maßeinheiten beruhen, insbesondere nicht die Temperatur von 60° F zugrunde legen.

Sehr eingehende Untersuchungen über Aluminiumbronzen sind von Escard[8]) vorgenommen worden. Die Arbeit enthält Anwendung und Verarbeitungsverfahren der Aluminiumlegierungen, insbesondere derjenigen aus Aluminium und Kupfer, doch auch solcher Legierungen, bei denen Aluminium nur einen verhältnismäßig geringfügigen Zusatz darstellt.

Kabel. Erfahrungen mit Zinkleiterkabeln werden vom Städtischen EW Dresden mitgeteilt[9]). Es handelt sich um 10 km Kabel mit zahlreichen Verbindungsmuffen, deren Verhalten in einer dreijährigen Betriebszeit durchaus befriedigend gewesen ist. Wenn Verlegung und Verwendung sachgemäß erfolgt, können Zinkkabel als durchaus brauchbarer und unbedenklicher Ersatz für Kupferkabel angesehen werden. Als Ersatz für gußeiserne Endverschlüsse sind vielfach Zellonverschlüsse verwendet worden[10]) in der Form, daß die feuchtigkeitsempfindlichen Papierschichten der Kabelisolation mit einem dicht haftenden Zellonüberzug versehen wurden.

Um eine zu starke Erwärmung der Kabel zu verhindern, wird empfohlen[11]), das umgebende Erdreich möglichst stark zu berieseln. Die Tatsache, daß

Kabelfehler häufig in nächster Nähe von Verbindungsmuffen auftreten, wird dadurch erklärt, daß beim Zurechtschneiden der Enden Luftbläschen in die Kabelisolation eintreten, die sich bei der Erwärmung ausdehnen, die Imprägniermasse verdrängen und dadurch die Durchschlagsfestigkeit herabsetzen.

Farmer[12]) veröffentlicht Versuche über den dielektrischen Verlust bei Dreileiter-Hochspannungskabeln. Die Ergebnisse bestätigen die bereits bekannte Tatsache, daß der Verlust bei gleichbleibender Temperatur etwa dem Quadrate der Betriebsspannung proportional ist. Erhöht man bei gleichbleibender Spannung die Temperatur, so ist der Verlust der 3,7. Potenz der Temperaturdifferenz proportional. Die Verlustmessungen wurden durch Wattmeter, die Temperaturmessungen durch Thermoelemente vorgenommen.

Eine neuartige automatische Methode der Fehlermeldung stellt das Verfahren von Glover dar[13]). Das Verfahren beruht auf der Anwendung eines Spezialkabels, bei welchem unterhalb des Bleimantels, aber von diesem durch eine nicht imprägnierte, hygroskopische, isolierende Zwischenlage getrennt, eine Kupferbandumwicklung angebracht ist. Diese sog. „Prüfhülle" erlaubt eine fortlaufende Messung des Isolationszustandes während des Betriebes, allerdings nur gegen Erde. In Kombination mit einer besonderen Schaltungsmethode ermöglicht sie die automatische Fehlermeldung.

Isolierte Leitungen. Neben dem KGZ-Draht ist vom VDE eine Leitung mit imprägnierter Papierisolation zur Verwendung in trockenen Räumen in Niederspannungsanlagen normalisiert worden[14]). Die Leitung führt die Bezeichnung KJZ. Über diese Drähte berichtet Nagel[15]) und kommt auf Grund von Laboratoriumsversuchen an einem bestimmten Fabrikat zu dem Ergebnis, daß die papierisolierten Drähte nicht nur einen brauchbaren Ersatz für die Kriegsausführungen der Gummiaderdrähte darstellen, sondern wahrscheinlich auch in normalen Zeiten zweckmäßig verwendet werden. Der Veröffentlichung wurde im Auftrage der Draht- und Kabelkommission von Apt[16]) unter Vorlage eines zu entgegengesetzten Ergebnissen führenden Versuchsmaterials widersprochen. Nach Ansicht des letztgenannten Autors dürften die papierisolierten Drähte aus der Installationstechnik wieder verschwinden, sobald wirklich brauchbare Gummiaderdrähte vorhanden sind.

Ein neuartiger Installationsdraht mit bemerkenswerten Eigenschaften, der sog. CTS-Draht (Cab Tyre Sheet) wird in England verwendet[17]). Es handelt sich um einen Gummiaderdraht, der durch eine ziemlich dicke und zähe Gummihülle aus Autoreifengummi geschützt ist, ohne weitere Beklöpplung und Imprägnierung. Der Draht, der direkt ohne Rohre in das Mauerwerk gelegt wird, hat eine weite Verbreitung gefunden und soll sich ausgezeichnet bewährt haben. Die neuen englischen Sicherheitsvorschriften stellen die CTS-Installation als gleichwertig hin mit der Installation von Gummiaderdrähten in Rohren.

Isolierstoffe. Ziemlich bedeutenden Umfang hat die Verwendung von Zellon und Zellonfabrikaten angenommen. Unter der Bezeichnung „Sigma-Isolierband" wird ein zähes Papierband mit Zellonimprägnierung hergestellt[18]), bei dem infolge einer eigenartigen Konstruktion aus einer kleinen Vorratbüchse die Zellonmasse immer für den Gebrauch frisch auf das Band aufgetragen wird. Eingehend wird von Eichengrün[19]) über die Eigenschaften der Zellonlacke berichtet, über die gemachten Erfahrungen und die Ursachen der Mißerfolge, die im wesentlichen darauf zurückgeführt werden, daß für den besonderen Verwendungszweck ungeeignete Lacke angewendet wurden; insbesondere dürfen Zellonlacke nicht mit anderen Isoliermaterialien kombiniert werden, z. B. Öl, Fett, mit denen sie sich nicht verbinden. Bei genauer Beachtung der Arbeitsvorschriften scheinen aber die Erfahrungen für gewisse Fälle gut gewesen zu sein. Auch bei der Isolierung von Straßenbahnmotoren und bei Reparaturen von Drehstromgeneratoren soll sich Zellonlack gut bewährt haben.

F. Zimmer[20]) gibt eine Übersicht über die in der Elektrotechnik gebräuchlichen Isolierlacke, wobei zwei Hauptgruppen unterschieden werden, nämlich Spiritus- und Öllacke einerseits und Nitroazetyl-Zellulonlacke anderseits.

Die el. Eigenschaften der Vulkan-Fiber wurden von Eves[21]) untersucht. Je nach der Dicke schwankt die Durchschlagsfestigkeit zwischen 16 und 5 kV für 1 mm bei Zimmertemperatur. Kenelly und Wiseman[22]) stellen an Untersuchungen über die Durchschlagsfestigkeit von „Öltuch" fest, daß dieser Wert mit der Größe der Elektrodenfläche abnimmt. Sie führen diese auffällige Tatsache auf die Ausbildung von Hochfrequenz-Entladungen zwischen den großen Elektroden zurück und halten es daher für erforderlich, Vereinbarungen über eine Normalgröße der Elektroden bei Durchschlagsversuchen zu treffen, ein Vorschlag, der in den vom VDE herausgegebenen Prüfungsvorschriften für Isolierstoffe bereits erfüllt ist. Gewecke und Krukowski[23]) halten die Annahmen von Kennelly und Wiseman für unzutreffend.

In einer Zusammenfassung über die Spinnfaser-Ersatzstoffe[24]) werden die einzelnen an Stelle von Baumwolle in Betracht kommenden Fasern einer Beschreibung unterzogen. Zu erwähnen sind insbesondere Nesselfaser, Kolbenschliff (Typha), Papiergarn, Zellulon.

[1]) ETZ S 88, 150. — [2]) Schweiz. EV, ETZ S 258. — [3]) Rev. Gén. El. Bd 4, S 931. — [4]) Rev. Gén. El. Bd 3, S 823. — [5]) Hoppe, El. Anz. S 241, 247, 261, 271, 281. — [6]) Grempe, Helios Fachz. S 213. — [7]) Savage, El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 486. — [8]) Escard, Rev. Gén. El. Bd 3, S 93. — [9]) Mitt. Ver. EW S 77. — [10]) ETZ S 448. — [11]) ETZ S 218. — [12]) Farmer, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 288. — [13]) Glover, El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 604. — [14]) ETZ S 260. — [15]) R. Nagel, ETZ S 433. — [16]) ETZ 1919, S 68. — [17]) El. Masch.-Bau S 47. — [18]) Stotz & Co., ETZ S 308. — [19]) A. Eichengrün, ETZ S 456. — [20]) F. Zimmer, Helios Fachz. S 102. — [21]) W. Eves, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 266. — [22]) A. E. Kennelly u. R. J. Wiseman, El. World Bd 70, S 1138. — [23]) H. Gewecke u. W. v. Kruckowski, Arch. El. Bd 6, S 407. — [24]) ETZ S 516.

Ausführung der Leitungen, Stromsicherungen, Installationsmaterial, Schaltanlagen und Schalter.

Von Oberingenieur Karl Hansen Bay.

Ausführungen von Leitungen. Ein gutes Bild von der jetzigen Montagepraxis der Aluminiumleitungen gibt ein Aufsatz[1]) über deren Montage und die Befestigung auf Stützisolatoren. Die im Bild gezeigten Drahtbunde dürften allen billigen Ansprüchen genügen, nur ist die Befestigung der Bindedrähte durch Unterschieben ihrer Enden unter einzelne Adern der Seile, so gut dies auch aussehen mag, nicht empfehlenswert. Schutzanstriche werden für die Verbindungen zwischen Aluminium- und Kupferleitungen vorgeschrieben. Für Verbindungen zwischen Materialien aus Zink und Aluminium scheint der Anstrich weniger nötig zu sein. Nicht immer werden ungestrichene Verbindungen zwischen Materialien aus Kupfer und Aluminium zerstört, zum großen Teil ist die Betriebssicherheit von einem guten und reichlichen Kontakt abhängig. Ist ein bemerkenswerter Spannungsabfall in der Verbindung vorhanden, dann kann eine durch Feuchtigkeit entstandene Parallelverbindung Korrosion der Verbindung hervorrufen. — Bemerkenswert ist die durch Nowotny[2]) beschriebene Verwendung von Aluminiumhülsen für die Verbindung von massiven Eisendrähten (Arldsche Verbindung). Es konnte mit solchen die nötige Festigkeit erreicht werden, auch gaben Korrosionsversuche günstige Resultate. Die Eisendrähte müssen gut verzinkt sein. Da Zink und Aluminium in der el. Spannungsreihe nicht weit voneinander stehen, seien auch keine besondere Schwierigkeiten durch Korrosion zu erwarten. — Ähnliche Verbindungsröhren aus Eisen für die Verbindung von massiven Drähten wurden in großem Umfange von der Reichstelegraphenverwaltung verwendet[3]). Die Röhren sind aus Blechstreifen hergestellt, deren Ränder nach dem Biegen der Streifen über einen Dorn durch autogene Nachschweißung vereinigt werden. — Vilanova[4]) berichtet über einen

neuen Verbinder für Leitungsseile. Durch Einkerbungen in die Wandung einer Hülse, in die die zu verbindenden Leitungsdrähte geschoben sind, wird die nötige Festigkeit der Verbindung erzielt. Der Materialaufwand ist sehr gering. Die Resultate der Festigkeitsversuche werden mitgeteilt. — Über die Ausführung einiger größerer Überspannungen, zum Teil mit Holzmasten, wird berichtet[5]): Eine derselben ist derart ausgeführt, daß die Leitungen an dem einen Ende über Rollen geführt und in bekannter Weise mit freihängenden Betongewichten mit gleichbleibendem Zug gespannt werden; infolgedessen kann das Material dauernd höher beansprucht werden. Die Isolierung erfolgt durch 4 Abspannketten von je 5 Isolatoren auf die Phase. — Die Normalisierung von Freileitungskonstruktionen behandelt Wulfing[6]). Die entwickelten Formeln für Leitungsgestänge dürften jedoch kaum in Deutschland Einführung finden, zeigen aber, wie man in Amerika auch in größeren Städten heute noch Freileitungsanlagen verwendet und dabei Hoch- und Niederspannungsleitungen auf demselben Gestänge verlegt. — Aus einem Aufsatze[7]) über die Verlegung schwerer Kabel in Cincinnati ist bemerkenswert, daß die Kabel und Schächte so gebaut sind, daß Wasser zur Kühlung der Kabel bei deren Überlastung hindurchgeleitet werden kann.

Gleichfalls für amerikanische Verhältnisse werden an Hand von Tabellen die Kosten für die Herstellung von Kabelkanälen verschiedener Konstruktion für eine größere Anzahl Kabel, sowie auch die Kosten für die Verlegung der Kabel gegeben[8]).

Isolatoren. Die Isolatoren bereiten den Betriebsleitern el. Zentralen noch immer große Sorgen. Es sind in den letzten Jahren eine große Anzahl Isolatoren in 10-kV-Leitungen defekt geworden, die 5 bis 7 Jahre in Betrieb sind. Schendell[9]) bespricht die Ursache der bisher an Isolatoren beobachteten Fehler. Bei einer Überlandzentrale sollen die Durchschläge der Isolatoren aufgehört haben, nachdem man das zum Aufhanfen gebrauchte Leinöl mit Graphit oder Mennige versetzte. Eine besondere Kommission zum Studium dieser Fragen (der Zerstörung der Isolatoren) ist gebildet worden. — Sorensen[10]) vergleicht die mit den verschiedenen Methoden zur Prüfung von Hängeisolatoren erreichten Resultate. Die Ausführung einer solchen Prüfung an einer auf hohen Eisenmasten verlegten Leitung wird gezeigt. Als Resultat der Untersuchung ist festgestellt, daß die Defekte der Kappentellerisolatoren unabhängig von ihrem Platz in der Kette sind und auch im gleichen Umfange an Isolatoren vorkommen, die als Reserve auf Lager gehalten werden. Die Fehlerursache ist also nur mechanischer Natur und wird auf die Wirkung der Ausdehnung der Kappen bei Temperaturwechsel zurückgeführt. Hierdurch entstehen Zugspannungen im Porzellan. Die Feuchtigkeitsaufnahme der Zementkittung ist vielleicht auch von Einfluß. — Gilchrest[11]) analysiert verschiedene Fälle von Isolatorfehlern und bestimmt experimentell die unter den gegebenen Verhältnissen beste Form der Isolatoren. Zu diesem Zwecke wird der zu prüfende Isolator durchgesägt und so gelagert, daß aufgestreute Asbestteilchen sich, wenn der Isolator unter Spannung gesetzt wird, nach den Feldlinien lagern können. Abbildungen illustrieren diesen Vorgang. — Die Wahl der Isolatorentypen, abhängig von der Ausdehnung der Anlagen, ist Gegenstand einer Untersuchung von Austin[12]). — Die Frage der Verwendung von hölzernen Isolatorenstützen und Traversen wird eingehend behandelt[13]). Hiernach ist in den meisten Gegenden mit normaler Feuchtigkeit die Verwendung hölzerner Stützen und Traversen unzulässig, da sie nicht lange die Kriechströme vertragen. Abbildungen zeigen beschädigte und reparierte Holzstützen. Bei Spannungen über 10 kV werden bei hölzernen Traversen eiserne Stützen verwendet, die leitend miteinander verbunden und geerdet werden.

Stützpunkte. Ein Aufsatz von Nowotny[14]) behandelt die wichtige Frage der Lebensdauer von imprägnierten Hölzern. Er gibt Schaulinien, aus denen ersichtlich ist, wie sich die abfallfreie Zeit zur Lebensdauer der Maste verhält. Hiernach ergeben Kreosot und Ätzsublimate die besten Resultate. Er weist

auf die Notwendigkeit hin, bei neu aufkommenden Imprägnierungsmethoden möglichst verläßliche Urteile zu erlangen. Dies scheint nur möglich zu sein durch versuchsweise Feststellung der antiseptischen Kraft der konservierten Hölzer. Die bisherigen Laboratoriumsversuche und die Beobachtungsmethoden müssen besser ausgestaltet werden, um halbwegs sichere Schlüsse aus der Untersuchung der Einwirkung neuer Mittel auf Pilzkulturen zu erlangen. — Hartmann[15]) beschreibt die Ausbesserung von Holzmasten durch Einfassung der verfaulten Stellen in Beton. Vor der Anbringung der Betonverstärkungen werden in den Mast, die eingegriffenen Stellen übergreifend, eiserne Klammern eingeschlagen.

Stromsicherungen. Eason[16]) gibt Formeln und Tabellen zur Berechnung von offenen und geschlossenen Sicherungen. — Klement[17]) bespricht die verschiedenen Systeme der Streifen- und Stöpselsicherungen und zeigt deren Wirkungsweise an Hand von Schmelzkurven. — Ely[18]) schildert sehr eingehend die Entwicklung der zweiteiligen Schraubstöpsel an Hand von vorzüglichen Abbildungen und statistischen Unterlagen. Er macht Vorschläge zur Verbesserung der Konstruktionen zur Verhütung der Verwendung unsachgemäß reparierter Stöpsel.

Installationsmaterial. Die verschiedenen modernen Ausführungen von Verteilungstafeln werden eingehend beschrieben[19]). Es wird auf die vielfache Verwendungsmöglichkeit und die Eignung des sog. Paketschalters für feuergefährliche Räume hingewiesen[20]).

Schaltanlagen. Samuels und Bechoff[21]) geben eine Zusammenstellung der bekanntesten und auch weniger bekannten, aber bemerkenswerten Sicherheitsschaltungen für Hochspannungsanlagen. — Moore[22]) zeigt einige mit einfachen Mitteln ausgeführte Außenschaltwerke für 66 kV, die in ihrer Ausführung in Europa jedoch kaum Nachahmung finden werden. Auch auf Stationen kleinster und mittlerer Größe werden diese Konstruktionsformen angewandt, die Kosten und Anordnungen solcher werden angegeben[23]).

Samuels[24]) gibt Kurven für die Durchbiegung von Rohren aus verschiedenem Material für Außenschaltwerke unter der Einwirkung von Schneelast.

Ölschalter. Es wird ein dreipoliger Schalter für 6 kA und 650 V beschrieben[25]), dadurch besonders gekennzeichnet, daß die Hauptkontakte und die Abreißkontakte in je einem Schalter angebracht sind. Die Schaltbewegung des Kontaktmessers des Hauptschalters ist nur kurz, die des Abreißschalters dagegen lang. Die Kontakte liegen unter Öl.

[1]) El. Masch.-Bau Anhang S 1, 5. — [2]) R. Nowotny, El. Masch.-Bau S 95. — [3]) ETZ S 369. — [4]) A. Vilanova, ETZ S 186. — [5]) El. World Bd 71, S 919. — [6]) H. E. Wulfing, El. World Bd 71, S 870. — [7]) El. World Bd 70, S 763. — [8]) El. World Bd 71, S 51. — J. F. Mahoney, El. World Bd 72, S 7. — [9]) G. Schendell, Mitt. Ver. EW S 362. — [10]) R. W. Sorensen, El. World Bd 70, S 426. — [11]) G. J. Gilchrest, El. World Bd 71, S 1372. — [12]) A. O. Austin, El. World Bd 70, S 905. — [13]) El. World Bd 72, S 394. — [14]) R. Nowotny, El. Masch.-Bau S 13. — [15]) E. F. Hartman, El. World Bd 72, S 590. — [16]) A. B. Eason, El. World Bd 70, S 679 (nach Post Office El. Eng. Jl., Juli 1917). — [17]) W. Klement, El. Anz. S 71, 75, 81. — [18]) O. Ely, Mitt. Ver. EW S 169. — [19]) El. Anz. S 135, 137, 153, 162, 172. — [20]) ETZ S 201. — [21]) M. M. Samuels u. F. N. Bechoff, El. World Bd 71, S 656, 1075. — [22]) L. J. Moore, El. World Bd 71, S 718. — [23]) El. World Bd 70, S 952. — [24]) M. M. Samuels, El. World Bd 70, S 1236. — [25]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 561.

Überspannung, Störungen, Gefahren, Korona.

Von Prof. Dr.-Ing. W. Petersen.

Überspannungen. Die Beanspruchung von Transformatorenwickelungen durch einziehende Wellen wird von K. W. Wagner[1]) erneut, unter Berück-

sichtigung der magnetischen Verkettung benachbarter Windungen untersucht. Ihre Einführung hat keinen wesentlichen Einfluß auf die früher von Wagner[2]) unter Zugrundelegung des vereinfachten Ersatzschemas gefundenen Ergebnisse. Interessant ist die theoretische Begründung der Erscheinung, daß der Höchstwert des Spannungsgefälles in der unter der Einwirkung periodischer Wellen stehenden Wickelung im Innern, und zwar um etwa eine Viertelwellenlänge vom Anfang entfernt liegt — eine Tatsache, die von Böhm[3]) zuerst experimentell festgestellt worden ist. Wertvoll sind weiterhin die von Wagner für die Berechnung des Spannungsgefälles gegebenen Beziehungen.

Mit dem Verhalten von Spulen beschäftigten sich Arbeiten von Böhm und Rogowski. Böhm[4]) entwickelt die Gesichtspunkte für die Beurteilung des Spulenschutzes an Hand des einfachen, aus der Parallelschaltung der Durchgangskapazität und der Induktivität der Spule gebildeten Ersatzschemas. Die ganzen Fragen, wie Schwingungsfähigkeit des geschützten Systems, Strom- und Spannungsresonanz, Dämpfung durch Überbrückungswiderstände, Einfluß der Durchgangskapazität, werden in einer Form behandelt, welche für den praktischen Gebrauch zugeschnitten ist und welche dazu beitragen wird, der Unsicherheit auf diesem Gebiete zu steuern. — Eigenartig ist der von Rogowski[5]) eingeschlagene Weg. Die Spule wird idealisiert und in ein langgestrecktes Mehrfachleitersystem aufgelöst, auf dessen Einzelleitern die einziehenden Wellen hin und her laufen. Die mathematische Behandlung wird hiermit auf eine einfache Grundlage gestellt. Es gelingt Rogowski auf diese Weise, alle Eigenschaften von Spulen zunächst an einer Spule mit zwei Windungen herauszuarbeiten.

Die Fortsetzung der Aufsatzreihe von Petersen[6]) über den Erdschluß (vgl. JB 1917) untersucht den Schutzwert von Hörnerableitern und Widerstandserdungen des Nullpunktes. Beide Anordnungen eröffnen den beim selbsttätigen Löschen des Erdschlußlichtbogens abgetrennten (Gleichspannungs-) Ladungen einen Ausweg zur Erde. Hiermit verschwinden die Überspannungen des aussetzenden Erdschlusses, welche der Abtrennung dieser Ladungen ihre Entstehung verdanken. Besonders bemerkenswert ist die Feststellung, daß der Hörnerableiter und der Nullwiderstand mittelbar als Sprungwellenschutz wirken, weil sie die genannten Überspannungen nicht zur Entstehung kommen lassen.

Eine weitere Lösung der Erdschlußfrage ist in der Erdschlußspule von Petersen[7]) angegeben worden. Die Spule wird im Netznullpunkt angeschlossen und so bemessen, daß sie im Erdschluß unter der Phasenspannung einen (nacheilenden) Strom aufnimmt, der ebenso hoch ist wie der (voreilende) Erdschlußstrom des Netzes. Beide Ströme überlagern sich im Erdschlußpunkt und in der Erdschluß-Strombahn und heben sich gegenseitig auf. An Stelle des hohen Erdschlußstromes verbleibt ein schwacher Reststrom, der den Verlusten im Netz und in der Spule entspricht. Das aus der Netzkapazität und der Spuleninduktivität bestehende schwingungsfähige Gebilde besitzt eine mit der Betriebsfrequenz übereinstimmende Eigenfrequenz. Es führt nach der Unterbrechung des Erdschluß-Lichtbogens Eigenschwingungen aus, welche sich in der Art mit den betriebsmäßigen Phasenspannungen zusammensetzen, daß die Spannung am Erdschlußpunkt nur allmählich anwächst. Infolgedessen ist der Erdschluß-Reststrom unfähig zur Lichtbogenbildung. Hat der Erdschluß, wie dies in der Regel der Fall ist, eine vorübergehende Ursache (Gewitterüberspannung, Vögel), so verschwindet er mit ihrem Fortfall.

Görges[8]) untersucht das Verhalten eines mit Erdschlußspule gesicherten Dreiphasennetzes auf Grund einer von ihm entwickelten bemerkenswerten graphischen Methode. Er befürchtet von den Oberwellen eine Beeinträchtigung der Löschbarkeit des Erdschluß-Lichtbogens. Doch lehrt die Betrachtung der Eigenschwingungen ebenso wie die praktische Erfahrung die Grundlosigkeit dieser Befürchtung.

Versuche von Goodwin[9]) haben zur Konstruktion der sog. Kugelfunkenableiter geführt, deren einfachste Form aus einer Kugelfunkenstrecke besteht,

die in eine Hörnerfunkenstrecke übergeht. Die beträchtliche Überschlagsverzögerung der wie eine Spitzenfunkenstrecke sich verhaltenden Hörnerfunkenstrecke wird durch die Kugelfunkenstrecke zum Teil beseitigt. Infolge der bedeutenden Verzögerung können rasch aufspringende Überspannungen trotz vorhandenen richtig bemessenen Hörnerschutzes Schaden stiften. Die wesentliche Verkürzung der Überschlagszeit der Kugelfunkenstrecke begegnet dieser Gefahr.

C. Field und Ch. P. Steinmetz[10]) beschreiben einen neuen Ableiter (oxide film arrester), der als Ersatz des Elektrolytableiters gedacht ist, und der wie dieser aus einem System von Einzelzellen besteht, das unter Vorschaltung von Hörnerableitern an das Netz gehängt wird. Der Ableiter beruht auf dem Verhalten gewisser Metalloxyde, die trocken gute Leiter sind und erhitzt ihre Leitfähigkeit einbüßen. Die Einzelzelle verträgt über 300 V; sie besteht aus zwei Metallscheiben mit dünnem isolierendem Überzug (Firnis) von etwa 180 mm Durchmesser, zwischen denen eine rd. 12 mm starke Schicht von Bleisuperoxyd liegt. Unter Überspannungen erfolgen Durchschläge an einzelnen Punkten. Der nachfolgende Strom erhitzt das Peroxyd und verwandelt es in nichtleitende Bleiglätte, so daß der der Entladung folgende Strom innerhalb weniger Halbperioden praktisch verschwindet.

Irrströme. Das Generalsekretariat des SEV[11]) veröffentlicht einen lesenswerten Bericht über die Korrosion durch Erdströme elektrischer Bahnen. Die wesentlichsten Gesichtspunkte der Bildung des Erdstromes werden übersichtlich und klar dargestellt, wichtige Fingerzeige und Formeln gegeben. — Die Ursachen der Anfressungen von Kabeln und ihre Bekämpfung behandelt Michalke[12]) in einem wertvollen Aufsatz. Als wichtigste Schadensursache von Gleichstromkabeln gibt er die Erdschlußströme an, neben denen die Irrströme von Bahnen an Bedeutung zurücktreten. Gleichfalls sehr lesenswert ist der Bericht von Michalke[13]) über die Verminderung von Irrstromschäden nach E. Rosa und B. McCollum. Die im Zusammenhang mit der Irrstromfrage so wichtige Messung des elektrischen Widerstandes des Erdbodens und Angaben über diesen finden sich in einer ausführlichen Abhandlung von B. McCollum und K. H. Logan[14]).

[1]) K. W. Wagner, Arch. El. Bd 6, S 301. — [2]) K. W. Wagner, El. Masch.-Bau 1915, S 89, 105. — [3]) Böhm, Arch. El. Bd 5, S 383. — [4]) Böhm, El. Masch.-Bau S 377, 392. — [5]) Rogowski, Arch. El. Bd 6, S 265, 377; Bd 7, S 1, 33. — [6]) Petersen, ETZ S 341. — [7]) Petersen, El. Masch.-Bau S 297. — [8]) Görges, Arch. El. Bd 7, S 125. — [9]) Goodwin, El. Masch.-Bau S 279. — [10]) C. Field u. Ch. P. Steinmetz, Proc. Am. Inst. El. Eng. Nr 6. — El. Rev. Bd 83, S 119. — [11]) Bull. Schweiz. EV S 135, 157. — [12]) Michalke, Dingl. Bd 333, S 43. — [13]) Michalke, ETZ S 404. — [14]) B. Mc Collum u. K. H. Logan, ETZ S 250.

IV. Kraftwerke und Verteilungsanlagen.

Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung. Von Oberingenieur Heinrich Büggeln, Stuttgart. — Kraftquellen. Einrichtungen des Elektrizitätswerks. Von Eugen Eichel, beratendem Ingenieur, Berlin. — Ausgeführte Anlagen. Von Dr. Bruno Thierbach, beratendem Ingenieur, Berlin.

Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung.

Von Oberingenieur Heinrich Büggeln.

Großanlagen und Wasserkräfte. Je länger der Weltkrieg dauerte, um so größer wurde teils durch die Einberufung der Bergarbeiter, teils durch den gesteigerten Bedarf der Kriegsindustrie die Kohlenknappheit. Hand in Hand damit ging eine ganz gewaltige Steigerung der Kohlenpreise. Diese Zustände

haben den Ausbau von Wasserkräften und die Errichtung von großen Überlandleitungen in allen Ländern stark gefördert.

Auch in Deutschland sind zahlreiche neue Wasserbaupläne entstanden. So wurde in der badischen Kammer[1]) beschlossen, die Wasserkräfte des Oberrheins von Straßburg bis Konstanz so bald wie möglich auf Kosten des badischen Staates auszubauen. Zur Ausnutzung der Wasserkräfte des oberen Lech hat sich in Bayern[2]) eine Studiengesellschaft unter dem Namen „Oberlech-Gesellschaft m. b. H.“ mit dem Sitz in München gebildet. Gugenhan[3]) teilt mit, daß außer den in Württemberg bereits ausgenutzten 70000 kW wirtschaftlich noch etwa 50000 kW ausgebaut werden können und dafür vom Gewässeramt schon Pläne und Kostenberechnungen ausgearbeitet seien. Die Firma Carl Zeiß[4]) in Jena hat von der reußischen Regierung die Genehmigung zu den Vorarbeiten für den Bau einer Talsperre an der Saale zwischen Burgk und Saalburg erhalten. Diese Talsperre wird mit einem Stauinhalt von 215 Mill. m^3 die größte Deutschlands werden. Auch am Oberlauf der Saale bei Ziegenrück[5]) sind Vorarbeiten für eine Talsperre von der preußischen Regierung angeordnet worden.

Von den verschiedenen Wasserkräften, die in Österreich nutzbar gemacht werden sollen, liegen Berichte[6]) über die bei Wallsee an der Donau unterhalb der Einmündung der Enns geplante Anlage vor. Die Leistung soll je nach dem Wasserstande 52000 bis 125000 kW betragen und der erzeugte Strom bis Wien geleitet werden.

Aus Spanien[7]) wird über große Neuanlagen von 26000 kW in den Pyrenäen in Camarsa, bei Capdella und am Flamisell berichtet. In Südfrankreich[8]) hat sich zur Ausnutzung der Wasserkräfte der Truyère am Zusammenflusse mit der Bromme die Société des Forces motrices de la Truyère mit einem Aktienkapital von 15 Mill. Fr. gebildet. Die Leistung soll 27000 kW betragen. Ein gewaltiges Wasserkraftwerk bei Génissiat[9]), 7 km südlich von Bellegarde, soll die Wasserkräfte der Rhone für Paris nutzbar machen. Vorgesehen ist ein Staudamm von 76 m Höhe, der einen Stausee von 380 ha Oberfläche und 23 km Länge entstehen lassen wird. Die Leistung soll bei 64 bis 69 m Gefälle 180000 kW betragen. Durch die Anlage wird die Strecke schiffbar werden.

In Norwegen[10]) hat die Stadt Stavanger für die zukünftige Elektrizitätsversorgung Wasserkräfte von 200000 kW = 6 kW/Einwohner gekauft. Vorläufig werden 4000 kVA, später 11000 kVA an das A/S Flörli-Elektrosmeltewaerk bei Lysfjord vermietet und 26 km weit von Flörli nach Olteswik in einer Fernleitung mit 55000 V, zunächst aber mit 32000 V übertragen. Hierbei wird eine Fjordkreuzung von 1382 m Länge nötig werden. Ähnlich große Kreuzungen sind über die Meerenge von Carquinez in Kalifornien (1320 m) und am St. Lawrencefluß in der Provinz Quebec (1500 m) vorhanden. Andere große Kraftquellen Norwegens[11]) sind bereits während des Krieges ausgebaut worden. So können allein im Bezirk Hardanger jetzt 220000 kW geliefert werden. Auch in Schweden[12]), wo sich schon gewaltige Wasserkraftanlagen befinden, sind bedeutende Erweiterungen und Neuanlagen geplant, ebenso in Finnland[13]), wo 87000 kW ausgenutzt werden sollen. Ferner plant man in Island an den Sog-Wasserfällen[14]) ein neues Kraftwerk von 37000 kW. Außerdem soll daselbst der Fluß Thorsaa[15]) mit 6 Kraftwerken von zusammen 0,82 Mill. kW ausgenutzt werden. Schließlich sei in Europa noch die Anlage zweier Stauwerke am Coghinasfluß auf Sardinien[16]) zur Krafterzeugung von 24000 kW und zur Bewässerung erwähnt.

Beachtung verdient die neue Wasserkraftanlage der Laurentide Power Co.[17]) am St. Maurice River in Kanada mit einer Leistung von 180000 kW und einer Fernübertragung mit 100 kV. Bislang werden in Kanada[18]) 1,3 Mill. kW ausgenutzt, während die gesamten Wasserkräfte auf 13,8 Mill. kW geschätzt werden.

Bei vollständiger Ausnutzung der Niagarafälle könnte eine Dauerleistung von 3,7 Mill. kW[19]) erzielt werden. Da das Jahreskilowatt nur 54 M kosten würde, so ist die Naturschönheit jährlich 200 Mill. M wert.

Recht bedeutende Wasserkraftwerke sind in Indien[20]) bei Bombay teils gebaut worden, teils in Bau und in der Projektierung befindlich. Alle diese Werke nutzen die reichlichen Niederschläge der Deccanhochebene während des etwa 3 Monate anhaltenden Monsums aus. In Betrieb ist das Tatawerk mit 40000, später 84000 kW Stromerzeugerleistung. In Bau befindet sich seit 1916 das Andhrawerk mit vorläufig 6 Maschinensätzen von je 8000 kW. Beide Werke arbeiten mit Peltonrädern für 525 m Gefälle und sind mit 100-kV-Leitungen verbunden. Das Andhrawerk hat einen Stauweiher von 425 Mill. m³ Inhalt und das Tatawerk drei Stauweiher von zusammen 278 Mill. m³ Inhalt. Die geplanten Koynawerke werden mit einem Gefälle von 487 m arbeiten und ein Staubecken von 3400 Mill. m³ Inhalt erhalten. Nach Abzug von mehr als 400 Mill. m³ für die Landbewässerung werden bei 8000stündigem Betrieb im Jahre noch etwa 300000 kW verfügbar sein.

Dantscher[21]) prüft die Frage, ob es zweckmäßig sei, die Gefällstufen gleichzeitig als Haltungen für die Schiffahrt zu benutzen und umgekehrt. Er kommt zu dem Ergebnis, daß dies auf wasserreichen Flußstrecken der Ebene wirtschaftlich sei. Dagegen werde es sich bei größeren Gebirgsflüssen mit hohen Gefällstufen selten verwirklichen lassen, weil die Kraftwerke mit hohen und die Schiffahrt mit niederen Gefällstufen arbeiten müssen, um wirtschaftlich zu werden. Man müsse hier also je nach den Bedürfnissen auf glatte Scheidung hinarbeiten.

Neben großen Wasserkraftanlagen haben auch die Dampfkraftwerke und mit ihnen die Maschineneinheiten an Größe ständig zugenommen. J. A. Stevens[22]) berichtet von der National Association of Cotton Manufacturers, daß sich zurzeit in den Vereinigten Staaten ein Drehstrom-Turbogenerator für 70000 kW im Bau befände und noch größere Einheiten geplant seien. Die größte seither gebaute Kolbendampfmaschine bei der Lukens Steel Co. leiste 18570 kW. Man nehme an, daß es durch Anwendung von hohem Druck und hoher Überhitzung möglich sein werde, in Zukunft bei großen Dampfturbineneinheiten 1 kWh mit 2700 cal zu erzielen. Stevens hat mit A. D. Pratt einen Dampfkessel zur Deckung einer Dampfturbine von 3000 kW entworfen. In Großbritannien[23]) sind geplant der Bau eines Großkraftwerkes bei Newcastle, die Erweiterung des städt. Elektrizitätswerkes Manchester, der Bau eines Großkraftwerkes in Dalmarnock, sowie in Sheffield und Rotterham je ein Kraftwerk mit 18000 kW. Das Kraftwerk bei Dalmarnock soll im ersten Ausbau 5 Turbodynamos von zusammen 92000 kW und in zweiten Ausbau 4 weitere Sätze von zusammen 150000 kW erhalten. Ein Dampfkraftwerk von 200000 kW Leistung[24]) wird in Windsor (Vereinigte Staaten) gebaut. Der größte Transformator der Welt, über den Stern[25]) berichtet, dürfte wohl der von der AEG gebaute von 60000 kVA bei 110000 V sein.

Einiges Aufsehen hat ein Vortrag von Dobrowolsky[26]) über die Grenzen der Übertragung mittels Wechselströmen erregt. Er wirft die Frage auf, ob nicht doch dem Gleichstrom die Zukunft gehören werde, da beim Drehstrom, bei dem man höchstens bis 200000 V kommen könne, die Grenzen durch die Ladeströme bedingt seien.

Die elektrische Großwirtschaft und der Staat. Die Frage der elektrischen Großwirtschaft, die vielfach mit Verstaatlichungsplänen oder wenigstens mit staatlicher Beteiligung im Zusammenhange steht, ist nunmehr fast in der ganzen Welt brennend geworden. Auch ist überall eine starke Zusammenschlußbewegung zu verzeichnen.

Jung[27]) tritt für ein Reichs-Elektrizitätsmonopol mit folgender Organisation ein: Ein besonderer Staatssekretär soll zur Leitung eines Reichs-Elektrizitätsmonopols berufen werden. Diesem Reichsamt sollen Landeselektrizitätsämter und diesen wieder Bezirks- oder Kreiselektrizitätsämter unterstellt werden. Aschoff[28]) möchte die Provinzverwaltungen als Verteiler und Vermittler zwischen dem Staat als Erzeuger und den Unternehmern einschieben.

Seine Statistiken und Berechnungen, die auch die Behauptungen von Vogt (JB 1917, S 59), daß durch die Kuppelung von Großkraftwerken keine Ersparnis an Maschinenleistung erreicht werden könne, zu widerlegen suchen, sind von großem Interesse. Thierbach[29]), der sich auch mit Jungs Arbeit kritisch befaßt, äußert gegen Aschoffs Vorschläge Bedenken[30]). Seidner[31]) vertritt die Ansicht, daß das Großkraftwerk die Energie wirtschaftlicher und billiger erzeugen könne als das kleine. Anderseits warnt er davor, die Fernbetriebe künstlich mit staatlicher Unterstützung zu fördern und die Energieerzeugung ganzer Länder zu vereinigen, da hierfür die wirtschaftlichen Verhältnisse noch nicht reif seien. Loos[32]) ist der Meinung, daß die el. Großwirtschaft mit Verteilung von 100 kV und Erzeugung der el. Arbeit in Dampfkraftwerken nach der bisherigen Bauart mit Dampfspannungen bis 15 Atm. nur wirtschaftlich sei, wenn eine hohe Benutzungsdauer erreicht werden könne. Günstiger würden die Verhältnisse, wenn die Wasserkräfte so billig wie möglich ausgebaut werden und den Hauptanteil an der Arbeitserzeugung übernehmen können. Block[33]) schlägt den Bau von Großkraftwerken und von 100-kV-Leitungen nur für die Grundbelastung vor, während die bestehenden Einzelkraftwerke für die Erzeugung des Spitzenstromes benutzt und durch Leitungen mittlerer Spannung miteinander verbunden werden sollen. Horstmann[34]) zeigt rechnerisch und graphisch an Hand der Werte aus den 110-kV-Leitungen des badischen Murgwerks, daß die Wirtschaftlichkeitsrechnung zu erheblich höheren Stromdichten in den Leitungen führt, als dies der bisher geübten Rücksicht auf Spannungsschwankungen entsprach, und daß letztere in großen Anlagen grundsätzlich und ausschließlich durch besondere Spannungsregler beherrscht werden sollen. Er verteidigt seinen Standpunkt gegen Soroker[35]), der die Berechnungen zu widerlegen versucht hat. Zipp[36]) nimmt sich der Besitzer größerer Anschlußanlagen an und gibt Gesichtspunkte für die betriebssichere Stromversorgung vom Standpunkte des Anschließers.

Wenn wir nun zunächst die Vorgänge in Preußen betrachten, so hat im Abgeordnetenhause der Haushaltungsausschuß der Regierungsvorlage[37]) betr. Verstaatlichung der Elektrizitätserzeugung zugestimmt und einen Antrag angenommen, der die Staatsregierung ersucht, möglichst für ganz Preußen, wenigstens aber für die Landesteile, in denen Neuanlagen geplant oder ausgeführt werden, ein Verteilungssystem mit 100 kV vorzusehen. Die Interessen bestehender Werke sollen dabei in weitgehendster Weise geschont werden. R. Meyer[38]) zeigt an Hand einer graphischen Darstellung den gegenwärtigen Stand der Elektrizitätsversorgung Deutschlands und behandelt dabei kritisch das im JB 1917, S 57 erwähnte Projekt der preußischen Regierung eines Dampfkraftwerks bei Hannover[39]), das mit 13 Mill. M Aufwand errichtet werden soll und dessen Bau vom Abgeordnetenhause beschlossen worden ist. Er weist darauf hin, daß selbst die unmittelbar auf Braunkohlenfeldern gelegenen Werke höchster Leistungsfähigkeit, wie das im JB 1915, S 73 erwähnte Werk in Zschornewitz-Golpa bei Bitterfeld selbst unter günstigsten Arbeitsverhältnissen vor verlustreichem Arbeiten nicht gesichert sind. Von letzterem Werk ist inzwischen eine 132 km lange Fernleitung[40]) für 110 kV, bestehend aus 3 Aluminiumleitungen von 120 mm², nach Berlin gebaut worden, wodurch daselbst täglich etwa 300 bis 400 t Steinkohle gespart werden.

Einen recht bemerkenswerten Zusammenschluß hat auch das städt. EW Offenbach[41]) durch eine 25 km lange Leitung mit dem Kraftwerk der Braunkohlenzeche Gustav in Dettingen (Bayern) vorgenommen. Dieser Zusammenschluß soll den Anfang zu einem großzügigen Freileitungsnetz von Bremen bis zur Schweiz bilden.

Rosellen[42]) berichtet über die Ausdehnung und Leistungsfähigkeit der Großkraftwerke im rheinisch-westfälischen Industriegebiet, die teils kommunal, teils gemischt-wirtschaftlich sind. Für die Versorgung Ostpreußens[43]) liegen verschiedene voneinander abweichende Vorschläge vor, desgleichen Berichte über die Elektrisierung Schlesiens[44]), Thüringens[45]) und der Provinz Branden-

burg[46]), sowie ein Bericht von Fr. Schmidt[47]) über die Elektrizitätsversorgung der Provinz Sachsen.

In Bayern sind im Berichtsjahre die Verhandlungen über das im JB 1916, S 71 erwähnte Bayernwerk weiter gediehen. Es wurde dem Landtage eine Denkschrift[48]) vorgelegt über den Plan, alle großen EWe durch ein Hochspannungsnetz zusammenzufassen und eine nach einheitlichen Gesichtspunkten unter staatlichem Einfluß zu regelnde Stromverteilung zu schaffen. Zell[49]) berichtet über dieses Bayernwerk, insbesondere über die Vorlage, die am 21. 6. 18 von der Kammer der Abgeordneten und am 27. 7. 18 von der Kammer der Reichsräte angenommen worden ist. Im niederbayerischen Landtag machte Kassimir[50]) Mitteilungen über einen Plan, den Kreis Niederbayern in eine großzügige Elektrizitätsversorgung einzubeziehen. Zu dem Zweck soll eine Bayerische Aktiengesellschaft Überlandwerk Niederbayern gegründet werden. Von den beiden Transformatorenstationen in Landshut und Deggendorf soll erstere den Strom aus dem Walchenseewerk, letztere von dem Kraftwerk an der unteren Isar beziehen.

Von besonderem Interesse sind die Berichte über die Fortschritte der staatlichen Großversorgung Sachsens[51]) und über die Erweiterung der dortigen staatlichen EWe[52]). Im Haushaltplan 1918 und 1919 sind 10 Mill. M als Restbetrag für den Erwerb des EWs Oberlausitz, 1 Mill. M für die Erweiterung der Leitungsanlagen in dessen Versorgungsgebiet, 20 Mill. M für die Erweiterung des EWs Hirschfelde und 6,7 Mill. M für den Erwerb der Aktien der Elbzentrale A.-G. in Pirna[53]) vorgesehen.

In Württemberg sprach sich die Zentralstelle für Gewerbe und Handel[54]) einstimmig dafür aus, daß ein Bedürfnis für eine einheitliche gesetzliche Regelung der Elektrizitätsversorgung von Staats wegen bestehe. Die EWe seien zu einer Gemeinschaft zusammenzuschließen, die im wesentlichen unter staatlichem Einfluß, aber auch unter Schonung der Bewegungsfreiheit der einzelnen Werke einen gegenseitigen Stromausgleich herbeiführe. Ablehnung fand dagegen der Gedanke einer Monopolisierung der Stromerzeugung. Monath[55]) setzt seine schon im JB 1917, S 57 erwähnten Kritiken der Arbeiten von Büggeln fort und macht Vorschläge für eine andere Art des Zusammenschlusses und der Parallelschaltung aller bestehenden EWe. Auch eine Kommission des Württembergischen Ingenieurvereins[56]) befaßt sich mit der Frage der Kraftversorgung Württembergs.

Nachdem die Zweite Kammer in Baden[57]) einstimmig beschlossen hatte, die in staatlichen Werken erzeugte Energie nur an staatliche und solche Unternehmer abzugeben, die vom Staat oder mit kommunalem Geld finanziert sind, stellte sich die Erste Kammer auf den entgegengesetzten Standpunkt und befürwortete gemischt-wirtschaftliche Unternehmungen mit Beteiligung des Privatkapitals. Sodann liegt noch ein Bericht[58]) vor über die Entschließungen des Haushaltungsausschusses der Zweiten Kammer der Badischen Landstände über den Ausbau des Oberrheins von Straßburg bis Konstanz als Kraftquelle und Großschiffahrtsweg.

Auch in Österreich und Ungarn sind die Großwirtschaftsbestrebungen im Berichtsjahre weiter vorangeschritten. Der Gesetzentwurf[59]) sieht für Gründungen von Elektrizitätsunternehmungen eine staatliche Bewilligung (Konzession) vor, die jedoch nur versagt werden soll, wenn Rücksichten der Landesverteidigung, der öffentlichen Sicherheit oder zwingende volkswirtschaftliche Gründe dagegen sprechen. Bei der Bewilligung ist Sorge zu tragen, daß die vorhandenen Kraftquellen zweckentsprechend ausgenutzt und die Wirtschaftsgebiete einheitlich mit Elektrizität versorgt werden. Die Genehmigungsdauer ist auf 60, bei öffentlichen und gemischt-wirtschaftlichen Unternehmungen auf 90 Jahre festgesetzt. Das Wegerecht soll eingeräumt und ein Enteignungsrecht zugestanden werden. Die Beteiligung staatlichen Kapitals kann erfolgen. Zur Beratung der Staatsverwaltung bei der Aufstellung allgemeiner Grundsätze und technischer Vorschriften ist eine Kommission aus Vertretern der Länder,

autonomer Körperschaften, der Wissenschaft, der Technik sowie der verschiedenen Kreise der Verbraucher und der Arbeiterschaft zu bilden. Dieser Entwurf hat in den verschiedensten Kreisen heftigen Widerspruch erfahren, so z. B. bei der Vereinigung österreichischer EWe[60]), die keinen zwingenden Grund für die sofortige Erlassung des Gesetzes findet, und ebenfalls beim Elektrotechnischen Verein in Wien[61]). Auch der Wiener Stadtrat[62]) erhebt entschiedenen Einspruch dagegen. Vor allem für Städte wird die Begrenzung der Konzessionsdauer, staatliche Tarifhoheit sowie staatliches Heimfall- und Einlösungsrecht abgelehnt. Niethammer[63]) kommt bei einer Besprechung der im JB 1917, S 57 erwähnten Arbeit von Büggeln zu folgendem Urteil über österreichische Verhältnisse: Statt die großen wirtschaftlichen Aufgaben, zu denen vor allem die Energiewirtschaft gehört, energisch anzupreisen, jagt man staatsrechtlichen Träumen nach, verliert sich in nationalen und parteipolitischen Zänkereien, und das übrige geht im Widerstreit behördlicher Kompetenzen verloren. Auch W. v. Winkler[64]) beurteilt den österreichischen Entwurf in der Hauptsache abfällig.

Von Rosenbaum[65]) liegt eine Arbeit vor über die Entwicklung der Überlandzentralen und die zukünftige Elektrizitätsversorgung Österreichs mit besonderer Berücksichtigung der landwirtschaftlichen und industriellen Anlagen. Baumfeldt[66]) hat eine Denkschrift veröffentlicht, in der er sich für die Gründung einer Bau- und Betriebsgesellschaft ausspricht, der der Staat die ausschließliche Bewirtschaftung der noch unausgebauten Wasserkräfte auf eine längere Frist übertragen soll. Eine lebhafte Auseinandersetzung für und wider den Ausbau der österreichischen Wasserkräfte und die Beteiligung des Staates entspinnt sich zwischen Brock[67]) und Roßhändler[68]), über dessen frühere Ausführungen im JB 1917, S 59 berichtet wurde. Die Auseinandersetzung ist deshalb besonders beachtenswert, weil sie u. a. ein klares Bild über die schwebenden Wasserbauprojekte gibt, besonders auch über das bereits erwähnte Wallseeprojekt[6]). Außer Brock nehmen auch die Firma Locher & Cie. in Zürich und der Vorstand Gianelia[69]) des Kraftwerkes Wallsee Stellung gegen Roßhändlers Darlegungen. Es sei auch auf die Ausführungen von Halter[70]) in dieser Sache hingewiesen.

Unter dem Namen Verband der EWe Mittelböhmens[71]) ist eine G. m. b. H. gegründet worden, die den Zusammenschluß der böhmischen Elektrizitätswerke zur Vertretung einer gemeinsamen Elektrizitätspolitik bezweckt.

In Ungarn[72]) hat der Handelsminister den Generaldirektor der Budapester EWe sowie den Generalsekretär und den Rechtsbeirat des Ungarischen Elektrotechnischen Vereins beauftragt, einen Entwurf eines Elektrizitätsgesetzes auszuarbeiten, das die auf die Erzeugung, die Verteilung und den Verkauf der elektrischen Arbeit sich beziehenden Rechtsverhältnisse zu regeln geeignet ist. In einer Denkschrift[73]) des Ministeriums wird die Schaffung eines Gesetzes verkündigt, das die Leitung der gesamten Elektrizitätswirtschaft dem Staat überträgt, jedoch bei Wahrung der Unternehmerlust des privaten Kapitals.

Neue Verordnungen über die Elektrizitätsversorgung sind von der Schweizerischen Regierung[74]) erlassen worden. Es werden die Maßnahmen hinsichtlich Erzeugung, Verteilung und Abgabe el. Energie bekanntgegeben, die für die Sicherstellung der Versorgung des Landes mit Elektrizität geeignet sind. Die Nordostschweizerische Kraftwerke A.-G. und die Bernische Kraftwerke A.-G. haben unter dem Namen „A.-G. für Vermittelung und Verwertung von Elektrizität in Bern"[75]) eine Gesellschaft gegründet, um den Gedanken einer eidgenössischen Sammelschiene vom Bodensee bis zum Genfer See in die Tat umzusetzen.

Für Holland[76]) ist der Bau eines großen staatlichen EWs unter Benutzung des staatlichen Grubenbesitzes in Süd-Limburg vorgeschlagen worden. Die Regierung hat indessen den Bau abgelehnt, da hierdurch der Strompreis verteuert werden würde. Für die Stromerzeugung soll die Dezentralisierung beibehalten werden. Die einzelnen Provinzen haben durch ihre Landtage Elek-

trizitätsverordnungen erlassen, und der Staat will ein Wegegesetz und Enteignungsrecht schaffen. Feldmann[77]) bespricht ein Buch von Doyer[78]) mit dem Titel „Eene Ryks-Electriciteitsvoorziening van Nederland", worin er die Fälle vergleicht, daß entweder 100 Gemeindekraftwerke oder 7 provinziale Kraftwerke oder 3 Reichszentralen die Stromerzeugung besorgen. Für den ersten Fall berechnet er 1,1%, für den zweiten Fall 1,2% und für den dritten Fall 3,35% Reingewinn. Er verweist auf die Bestrebungen in England, Preußen und Sachsen. Auch auf einen Bericht in den Economisch-Statistischen Berichten[79]) sei hingewiesen. Doyer[80]) äußert sich zu Feldmanns Besprechung und macht einige Richtigstellungen und Ergänzungen.

Über die Errichtung von ländlichen EWen in Kurland und Estland liegt ein Bericht[81]) vor, ferner über den Wiederaufbau der EWe in Belgien[82]). Hier wird der Zusammenschluß bestehender Kraftwerke und künftiger Großkraftwerke in Ostende, Gent, Antwerpen, Mons, Charleroi, Limburg und Lüttich, sowie die Elektrisierung der Bahnen vorgeschlagen. In Spanien[83]) ist vom Minister der öffentlichen Arbeiten ein Gesetzentwurf ausgearbeitet worden. Er sieht die Gründung einer Wirtschaftsstelle für Wasserelektrizität vor, die aus den namhaftesten Vertretern der technischen Wissenschaft, der EWe und der Stromverbraucher zusammengesetzt werden soll.

Grundlegende Umwälzungen auf dem Gebiet der Elektrizitätserzeugung und Verteilung stehen in England bevor. Von Interesse ist zunächst ein Vortrag von S. J. Watson[84]), den er in der Jahresversammlung der Vereinigung der Städt. EWe Großbritanniens gehalten hat. Er gibt den Kraftbedarf der 45 Millionen starken Bevölkerung Großbritanniens mit 7,9 Mill. kW an. Abzüglich von 1,5 Mill. kW für die städtischen Unternehmungen verbleiben 7,75 Mill. kW für die Industrie. Somit kommt 1 kW auf rd. 6 Einwohner. In Lancashire kommen auf 2 Einwohner rd. 1 kW. In einem Gebiet von 1000 km² um die Stadt Manchester herum ist 1 kW auf 3 Einwohner bei einer Einwohnerzahl von 2,5 Mill. zu erwarten. In diesem Bezirk nimmt bei einer Leistung von 450000 kW und bei einem Belastungsfaktor von 50% die Industrie jährlich etwa 2000 Mill. kWh in Anspruch, wobei auf die Elektrisierung der Eisenbahnen noch keine Rücksicht genommen ist. Wenn man auch el. heizte und kochte, so würden im Bezirk Manchester jährlich 2 Mill. t Kohle (750 kg auf den Kopf) frei. Damit könnten 2000 Mill. kWh erzeugt und für Koch- und Heizzwecke verwendet werden. Watson stellt dann noch Vergleiche mit anderen Ländern und Erdteilen an und befürwortet eifrig den Ausbau aller geeigneten Wasserkräfte, von denen im ganzen Imperium 40 bis 50 Mill. kW nutzbar gemacht werden können. Nehme man Kanada und Neuseeland aus, so sei noch nirgends der Anfang zur Gewinnung der Wasserkräfte gemacht worden. In England werden z. B. nur 8,3% des Kraftbedarfs gegenüber 43,4% in Deutschland durch Wasserkräfte gedeckt.

Zum Zwecke der besseren Ausnutzung der Wasserkräfte und insbesondere der Kohlenersparnis hat sich ein Ausschuß für die Elektrizitätsversorgung mit einem Unterausschuß für Kohlenersparnis gebildet, der vom englischen Ministerium für Übergangswirtschaft im Herbst 1917 unter dem Vorsitz von A. Williamson eingesetzt wurde. Berichte[85]) über dessen Arbeiten sind überaus reichlich vorhanden. Der Unterausschuß schlägt u. a. vor, an Stelle der bestehenden etwa 600 EWe 16 Großkraftwerke mit Dampfturbineneinheiten von wenigstens 15000 kW zu errichten und in ihnen auch die Nutzbarmachung der Nebenerzeugnisse durchzuführen. Man verspricht sich hierdurch eine Ersparnis von 55 Mill. t Kohle bei einem gegenwärtigen Verbrauch von 80 Mill. t, entsprechend einer Ersparnis von 27 Mill. Pfund Sterling. Durch die Gewinnung von Nebenerzeugnissen würde die Ersparnis auf 100 Mill. Pfund erhöht werden. Die radikalen Zeitungen verlangen ein Staatsmonopol, während die konservativen und liberalen Zeitungen behaupten, daß der Staat zur Verwaltung so ausgedehnter Unternehmungen unfähig sei. Eine einflußreiche Zeitung schlägt ein Elektrizitätsamt vor, das als eine Art gemeinwirtschaftliche Unternehmung mit behörd-

lichem Charakter und weitgehenden Befugnissen geschildert wird. Die Arbeiten sind teils wohlwollend, teils scharf kritisiert worden. Besonders die Äußerungen von S. L. Pearce[86]) haben umfangreiche Erörterungen in Fachkreisen eingeleitet. Auch R. A. Chatock[87]) äußert sich hierzu. Er empfiehlt den Bau großer Kraftwerke, deren Kessel mit Gas geheizt werden sollen, um die Nebenerzeugnisse gewinnen zu können. Da eine gute Wirtschaftlichkeit nur in gut belasteten Anlagen erreicht werden könne, so müßten alle Stromverbraucher gezwungen werden, ihren Strom von großen staatlichen EWen zu beziehen, was möglicherweise durch eine hohe Kohlensteuer erreicht werden könnte. Im Anschluß an diese Ausführungen gab D. Clerk seinem Bedenken Ausdruck, daß bei einer Monopolisierung der Elektrizität die Gasmaschinenfabriken und die Gasindustrie vollständig von der Bildfläche verschwinden würden.

In Westschottland[88]) haben sich schon verschiedene Werke zusammengeschlossen. Weitreichende Vorschläge für die Elektrizitätsversorgung Schottlands hat A. Page[89]) in seiner Antrittsrede bei der schottischen Abteilung des Instituts für Ingenieurwesen gemacht. In einer Versammlung in Newcastle weist A. H. Marshall[90]) auf die Möglichkeit der Kohlenersparnis durch Anschluß der Eisen- und Stahlwerke, sowie insbesondere auf den Betrieb der el. Öfen hin. A. C. Nelson[91]) tritt für den el. Betrieb der Bergwerke ein, obwohl die Bergingenieure sich bislang noch zugunsten der Dampfkraft aussprechen. Schließlich sei noch ein Bericht[92]) über die Verkuppelung von EWen im Bezirk Dublin erwähnt.

Auch in den Ver. St. von Amerika trifft man immer mehr Maßnahmen zur Kohlenersparnis. E. W. Rice jr.[93]) hat im Juni 1918 in Atlantic City auf der Jahresversammlung der Amerikanischen Vereinigung von Elektroingenieuren einen bemerkenswerten Vortrag gehalten. Auf dem Gebiete des Dampfturbinenbaues, insbesondere aber der Dampferzeugung in EWen, wurden Verbesserungen eingeführt, durch die der thermische Wirkungsgrad bedeutend erhöht wurde. In der Stromerzeugung und Verteilung hat man die Bedeutung der Leerlaufsverluste noch mehr zu würdigen verstanden. Durch Ersparnis an Ersatzmaschinen, Verbesserungen des Belastungsfaktors, Mischen der verschiedensten Arten der Belastungen und Verkuppeln von Netzen ist es gelungen, die Energieausbeute um 25% zu heben. Nach der Richtung der Vereinheitlichung hin sind ebenfalls große Fortschritte gemacht worden. So werden jetzt 70% aller Kraftübertragungsanlagen mit 60 Per/s betrieben. Sehr ansehnlich sind die Fortschritte auf dem Gebiete der el. Schmelzöfen, deren Zahl im vergangenen Jahre um 40% gestiegen ist. Rice betont ausdrücklich die außerordentliche Bedeutung der EWe für die Kriegsindustrie. Hierüber liegen auch Berichte von W. H. Onken[94]) und R. J. Mc Clelland[95]) vor. Letzterer teilt mit, daß für die Kriegsindustrie 500000 kW durch den Zusammenschluß der Werke im östlichen Pennsylvanien, New Yersey und Delaware gewonnen wurden. Auf der gleichen Jahresversammlung machte Ch. P. Steinmetz darauf aufmerksam, daß neue Energiequellen in den vielen kleinen Wasserkräften des Landes und in der Abwärme von Dampferzeugungsanlagen zu finden seien, bei Wasserkräften unter Verwendung von Induktionsgeneratoren als Stromquellen. Über deren Betrieb werden ausführliche Angaben gemacht. Daß durch solche Maßnahmen in einem Lande, in dem 1917 für 470 Mill. Dollar Licht- und Kraftstrom[96]) verkauft und gegen das Vorjahr ein Zuwachs von 27 Milliarden kWh = 20,9% erzielt wurde, viel Kohlen erspart werden können, liegt auf der Hand.

In einem Aufsatz über den Einfluß des Krieges auf die Kraftwerke tritt Ph. Cabot[97]), der den kleinen Werken den Untergang voraussagt, für den Bau von Großkraftwerken und für Verstaatlichung ein. Auch an anderer Stelle[98]) wird über den Bau von Großkraftwerken berichtet. Cabot sagt, daß der Besitz von Kohle und Eisen die nationale Unabhängigkeit bestimme. Daher müsse mit diesen Schätzen sparsam umgegangen werden. Schon durch die Elektrisierung der Bahnen könne man 75% Kohlen sparen. Wirtschaftlich sei nur

eine Großwirtschaft mit Großkraftwerken, die mit 110-kV-Leitungen aus Stahl zu kuppeln seien. Als Beispiel greift er die geplanten Anlagen in New England (Mass.) heraus. An der Küste entlang sollen Dampfwerke gebaut und mit den Wasserkraftwerken an den Flüssen des Landes gekuppelt werden. Er mahnt die Ingenieure, sich den Regierungsprojekten und der Verstaatlichung nicht zu widersetzen.

Große Fortschritte hat auch sonst die Zusammenschlußbewegung in den Ver. Staaten gemacht. Schon oben[95]) wurde ein Beispiel erwähnt. Es liegt sodann ein Bericht[99]) über die Betriebsergebnisse der Kraftwerke Salem, Malden und Revere vor, über deren Zusammenschluß im JB 1917, S 59 berichtet worden ist. Ferner wird über den Zusammenschluß von 7 großen Überlandwerken[100]) berichtet, die sich über 4 Staaten der südlichen Union erstrecken und ein Gebiet mit 160000 km² Grundfläche versorgen. Die Entfernung der beiden Endwerke, denen ein weiteres Großkraftwerk angegliedert werden soll, beträgt 800 km. Es wird auch gezeigt[101]), welche Möglichkeiten bestehen, um im Staat New York Verbindungen zwischen bestehenden Werken herzustellen. In Massachusetts[102]) bezieht ein 6000-kW-Kraftwerk die Energie um 25% billiger als bei Eigenerzeugung. Auch sonst haben sich die Zusammenschlüsse in diesem Staate recht befriedigend bewährt[103]), indem bessere Wirkungsgrade, geringere Unterhaltungs- und Erzeugungskosten und bessere Belastungsfaktoren möglich geworden sind. Dasselbe trifft für Wisconsin[104]) zu, wo sich besonders die Zahl der landwirtschaftlichen Abnehmer erheblich gesteigert hat[105]). Neue Zusammenschlüsse sind, wie schon erwähnt[97]), in Massachusetts infolge der Kriegsindustrie geplant. So sollen z. B. Verbindungen von New England nach Boston[106]), wodurch 15000 bis 20000 kW gewonnen werden, und Doppelleitungen von Boston bis zum Riverfall[107]) entstehen. Auch Zusammenschlußmöglichkeiten in Illinois[108]) werden behandelt. Ganz bedeutend sind die Anlagen an den Niagarafällen[109]) gewachsen. Vor einigen Jahren betrug die Ausnutzung noch 44000 kW. Sie stieg Mitte 1915 auf 77000 kW und Anfang 1917 auf 125000 kW. Versorgt werden u. a. die Großstädte bis 400 km Entfernung

Gewinnung und Verwertung von Nebenerzeugnissen. Der Vortrag Klingenbergs[110]) auf der 58. Hauptversammlung des VDI im November 1917, der im JB 1917, S 62 erwähnt wurde, liegt nunmehr im Wortlaut vollständig vor. Auch ausführliche kritische Besprechungen sind vorhanden, u. a. eine solche von Graf v. Brockdorff[111]). Klingenberg weist nach, daß jede Verteuerung der Kohle der Gewinnung von Nebenerzeugnissen entgegenarbeitet. Also wird eine Kohlensteuer niemals zur Errichtung von Nebenproduktenanlagen führen. Grunenberg[112]) kommt zu ähnlichen Ergebnissen und nimmt mit aller Entschiedenheit gegen die im JB 1916, S 73 und im JB 1917, S 64 erwähnte Dewitzsche Arbeit Stellung. Trenkler[113]) dagegen äußert entgegengesetzte Ansichten und meint, daß die Zukunft der Gasmaschine oder der von allen Seiten erwarteten Gasturbine gehöre. Daß man in England und Amerika große Hoffnungen auf die Gewinnung von Nebenerzeugnissen setzt, ist schon im vorigen Abschnitt erwähnt worden.

Was die Verwertung von Nebenerzeugnissen, Abwärme und Abfallstoffen anbelangt, so wird neuerdings im Eisenbahnkraftwerk Frankfurt a. M.[114]) die Rauchkammerlösche der Lokomotiven (JB 1913, S 77) in größerem Maßstabe als Kesselfeuerung für zwei Turbinensätze zu 1500 kW benutzt und dadurch das Städt. Elektrizitätswerk bedeutend entlastet. — Pradel[115]) will die Wärme des die Retorten oder Kammern verlassenden Kokses zur Dampferzeugung ausnutzen. Von anderer Seite[116]) werden Erfahrungen mit dem Rostsystem Pluto Stoker bekanntgegeben, das die wirtschaftliche Verfeuerung von Staubkohle, Schlamm, Waschbergen, Koksstaub, Kokslösche, Braunkohle, Lignit, Torf und Lokomotivlösche gestattet. — Birchler[117]) gibt seine Erfahrungen mit der Verwendung von Torf als Brennstoff kund.

Zu einer gewissen Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit sind die Trockenanlagen im Anschluß an Wärmekraftwerke gelangt. So sind im Stuttgarter

EW[118]) im Herbst 1917 täglich etwa 5 t Getreide, Obst, Kartoffeln u. dgl. getrocknet worden. Die Ersparnis an Brennmaterial durch Abwärmeverwertung wird hier auf etwa 20 M für jede zu trocknende t Ware geschätzt. Auch über eine solche Anlage im EW Zeitz wird berichtet[119]). Von Uderstädt[120]) liegt eine Abhandlung über die Dörrindustrie als Mittel zur Hebung unserer Valuta und zur Weiterentwicklung unserer EWe vor.

Sparsamkeit im Kesselhause. D. Wilson[121]) geht von der Betrachtung aus, daß der mittlere Wärmewirkungsgrad in englischen Kraftwerken nur 10% beträgt, während man in Amerika, und zwar im Kraftwerk Detroit schon 17% erreicht hat. Dort werden die Kesselwärter wissenschaftlich ausgebildet. Auch für New York sind von A. Stett Kurse zur Ausbildung von Kesselwärtern vorgeschlagen worden. Ständige Aufschreibungen und chemische Untersuchungen sollen zur Hebung des Wirkungsgrades dienen. Auch der Zug im Kamin und in den Rauchkanälen muß ständig beobachtet werden. — Conge[122]) schlägt ein Prämiensystem für sparsamen Kohlenverbrauch vor. Der Normalverbrauch soll festgestellt und die Ersparnis je hälftig an das Unternehmen und die Kesselwärter verteilt werden. — Polakov[123]) erblickt einen Erfolg nicht nur im Prämiensystem, sondern auch in der Rücksicht auf den arbeitenden Körper, der durch richtige Pausen, gutes Licht, pünktliches Ineinandergreifen der Arbeitsvorgänge und Wohlfahrtseinrichtungen vor zu großer Ermüdung geschützt werden muß. — Della Riccia[124]) will die Verbesserung der Wärmeausbeute mit „monotonen" Diagrammen erreichen, die er aus den Tages- und Jahresdiagrammen und bei Dampfkesseln aus Aufschrieben durch Übertragung gewinnt. Er zeigt die praktische Anwendung bei der Bestimmung der Maschinengrößen und die Beziehungen zur Kohlenersparnis.

Der Parallelbetrieb von Kraftwerken. Peck[125]) behandelt den in England neuerdings lebhaft erörterten und zuvor bereits erwähnten Zusammenschluß der Kraftwerke von rein technischen Gesichtspunkten aus. Bei parallel geschalteten Wechselstromerzeugern ist die Verteilung der Last nicht von der Einstellung der Magnetregler, die lediglich einen Ausgleich des Blindstromes und eine Änderung der Phasenverschiebung erzeugt, sondern von der der Geschwindigkeitsregler abhängig. Das gilt auch für parallel arbeitende Kraftwerke. Wenigstens in einem Werk muß zur unabhängigen Spannungsregelung ein Reguliertransformator aufgestellt werden. — Siegfried[126]) berichtet über die Erfahrungen aus einer Anlage mit asynchronen Generatoren, wie solche in Amerika zwecks Ausnutzung kleinerer Wasserkräfte im Parallelbetrieb mit Großkraftwerken mehrfach Verwendung gefunden haben. Sie verursachen eine starke Phasenverschiebung mit nacheilender Phase. Eine Anlage der Pacific Power & Light Co. ist zwei Jahre lang ohne eigentliche Wartung in Betrieb gewesen. — Auch Fleig[127]) schlägt vor, statt der teuren Synchrongeneratoren zur Ausnutzung kleinerer Wasserkräfte Asynchronmotoren zu verwenden, die keine Schaltanlage zum Parallelschalten und fast keine Bedienung erfordern. Leider ist das Anwendungsgebiet beschränkt. Es können sich sogar recht ungünstige Einflüsse geltend machen. Dies wird in mehreren Schaubildern gezeigt.

Die Verbesserung des Leistungs- und Belastungsfaktors. Die Frage der Verbesserung beider Faktoren hängt wesentlich mit der später zu behandelnden Tariffrage zusammen. Gustav W. Meyer[128]) knüpft an die im JB 1917, S 60 erwähnten Vorschläge des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins an und weist darauf hin, daß vor allem die vielen kleinen Kurzschlußmotoren in Spinnereien einen sehr niederen Leistungsfaktor bis zu 0,4 herab verursachen. Noch ungünstiger wirken Lichtbogen- und Induktionsöfen. Von großem Einfluß sei auch die Konstruktion der Netztransformatoren. In Amerika werden vielfach zur Verbesserung übererregte Synchronmotoren oder Synchronkondensatoren (JB 1914, S 75) verwendet. Diese seien indessen in der Nähe der induktiven Belastungen anzuschließen. Auch kompensierte Drehstrom-Kollektormotoren und Phasenkompensatoren (Phasenvorschieber) nach Kapp und Scherbius können herangezogen werden. Scoumanne[129]) behandelt in einer

Arbeit die verschiedenen Systeme zur Verbesserung des Leistungsfaktors und in einem zweiten Teil die Fortschritte und Erfahrungen, die im Leitungsnetz der von ihm geleiteten Gesellschaft Force électrique in Baku gemacht worden sind. In Frankreich hat eine Gesellschaft mit Namen l'Union des Syndicats de l'Électricité seit April 1917 eine Spezialkommission zur Untersuchung der Frage eingesetzt[130]). Poirson[131]) empfiehlt die Verwendung von unbenutzten Wechselstromerzeugern oder Hilfsstationen und die gleichmäßige Verteilung der Blindströme auf mehrere Kraftwerke eines und desselben Netzes.

Aus England liegt von Dorey[132]) eine Arbeit über die Verbesserung des Leistungsfaktors vor. W. Brown[133]) berichtet in einer Abhandlung „Der Leistungsfaktor und der Krieg", daß in Amerika bei einer Anlage durch Einbau eines Synchronmotors der Leistungsfaktor von 0,72 auf 0,90 gesteigert wurde. Sodann macht Peyton[134]) Mitteilungen über die Verbesserung des Leistungsfaktors und der Spannung durch Einfügung von Synchronkondensatoren.

Die Puget-Sound-Straßenbahn-, Licht- und Kraftgesellschaft[135]) gibt bekannt, in welcher Weise durch geeignetes Zusammenarbeiten aller Kraftabnehmer über 4 kW die Stromspitze in den kritischen Monaten vermieden und gleichzeitig der Belastungsfaktor verbessert werden kann.

Tarife. Bußmann[136]) erörtert die Notwendigkeit der besonderen Berechnung des Blindstromes in Drehstromanlagen bei Kraftverbrauchern im allgemeinen und für parallel arbeitende Kraftwerke mit gegenseitiger Belieferung im besonderen. An Hand des beim Rheinisch-Westfälischen EW eingeführten Sinustarifes und der hierzu erforderlichen Meßgeräte und Schaltungen wird die Verbesserung der Phasenverschiebung und die Möglichkeit eines einwandfreien Parallelbetriebes erläutert. Benischke[137]) nimmt zu den Ausführungen Stellung, was eine Erwiderung von Bußmann[138]) zur Folge hat. Die bereits erwähnte[130]) französische Spezialkommission zur Behandlung der Frage der Phasenverschiebung schlägt ebenfalls die Verwendung geeigneter Zähler und eine Vergünstigung des Tarifs bei steigendem Leistungsfaktor vor. In der Maisitzung der Kommission hat Illiovici[139]) zweckentsprechende Vorschläge gemacht. Ferner liegen Arbeiten von Rechniewski[140]) und Boucherot[141]) vor. Auch in der bereits erwähnten[132]) Arbeit von Dorey werden Sondertarife vorgeschlagen. In einem amerikanischen Werk sinkt der Preis für die kWh von 0,008 Doll. bei $\cos \varphi = 0{,}60$ bis 0,649 auf 0,0055 Doll. bei $\cos \varphi = 0{,}90$.

Wirz[143]) teilt mit, daß der Stromverbrauch für Klingeltransformatoren nicht nach Zähler, sondern nur pauschal berechnet werden kann, weil die Zähler wegen der geringen Belastung nicht anlaufen. Nicolaisen[144]) schlägt eine neue Form der Tarifgestaltung vor, die gekennzeichnet ist durch Zusammenfassung nach unten abgestufter Einheitspreise mit nach oben abgestuften Grundgebührensätzen, um die Wirtschaftlichkeit bei dem ständigen Rückgange des Stromverbrauchs zu heben. Büggeln[145]) äußert sich ausführlich zu dem im JB 1917, S 63 erwähnten Buch von Siegel über den Verbrauch el. Arbeit. Roux[146]) schlägt einen Tarif vor, der einerseits alle Verluste vom Kraftwerk bis zu den Zählerklemmen der Abnehmer decken, anderseits die Entwicklung und Verwendung der Elektrizität im Haushalt fördern soll. Bis zu einem gewissen Verbrauch sollen 10 Cts/kWh und für den gesamten Mehrverbrauch 4 Cts/kWh verrechnet werden.

Der Einfluß des Krieges hat sich in diesem Berichtsjahre noch mehr als früher infolge des Mangels an Kohlen und Menschen geltend gemacht. Die ständig wachsenden Unkosten bedingten bedeutende Tariferhöhungen, deren Durchführung im Hinblick auf die bestehenden Verträge nicht immer einfach war. Dettmar[147]) berichtet als Vertreter des Reichskommissars für die Kohlenverteilung und Leiter der Elektrizitätswirtschaftsstelle über die Maßnahmen zur Verringerung des Verbrauchs el. Arbeit und leitet damit eine Erörterung[148]) hierüber ein. Um Gas und also auch Kohlen zu sparen, haben die Züricher EWe[149]) in der Zeit vom 1. 4. bis 30. 9. für Koch- und Dörrzwecke nur rd. 8 Pf/kWh berechnet und die Messung mit Doppeltarifzählern vorgenommen. Über den

Einfluß der Kohlenpreise und der Kohlensteuern auf die Anlage- und Betriebskosten von EWen stellt Siegel[150]) Betrachtungen an. Das Betriebshaftpflichtrisiko der Städte bei Einschränkung der Straßenbeleuchtung soll nach v. Brokken[151]) nicht beeinflußt werden. Spengel[152]) macht Mitteilungen über die Tätigkeit des Ausschusses der VEW in bezug auf Kriegsmaßnahmen und an anderer Stelle[153]) über den Einfluß der Einschränkungsbestimmungen.

Die Schweizerische Regierung[154]) hat die am 21. 8. 17 getroffenen Maßnahmen zur Einschränkung des Verbrauches an Kohle und el. Energie aufgehoben und sie durch erweiterte Maßnahmen ersetzt, die zur Sicherstellung der Versorgung geeignet sind. U. a. ist die Erzeugung mechanischer Arbeit auf kalorischem Wege nur mit Bewilligung des Volkswirtschafts-Departements zulässig.

Die Regierung der Ver. Staaten[155]) hat für die wichtigsten Teile des Landes bis auf weiteres vier und für die anderen Staaten zwei lichtlose Nächte angeordnet. Der Kohlenkommissar Garfield teilt mit[156]), daß der Kohlenverbrauch sich gegenüber dem Vorjahre um 80 Mill. t vergrößert habe.

Berthold[157]) berichtet über den Stand der Frage der Tariferhöhungen und der Abwälzbarkeit der Kohlensteuer. Das Reichsgericht habe anerkannt[158]), daß unvorhergesehene Ereignisse wie der gegenwärtige Krieg bei langfristigen Verträgen zum Gegenstande einer besonderen Vereinbarung gemacht werden können. Nach dem Urteil von Hachenburg[159]) befreien die erhöhten Herstellungskosten ein EW nicht von der Erfüllungspflicht. Es bestehe aber die Pflicht der Parteien, den Vertrag den veränderten Verhältnissen anzupassen. Von besonderer Bedeutung ist der ausführliche Bericht, den Agthe[160]) auf der Jahresversammlung 1918 der VEW erstattet hat. Er behandelt eingehend die juristische Frage bezüglich der Einstellung der Stromlieferung und der Nichtigkeitserklärung der Verträge bei Nichtbewilligung der Strompreiserhöhung. Die im JB 1917, S 62 erwähnte Ansicht von Crome sei nicht richtig. Dagegen könne der gerichtliche Weg entsprechend der Entscheidung des Reichsgerichts vom 7. 12. 17 Erfolg haben, sobald festzustellen sei, daß die Parteien die durch den Krieg geschaffenen Verhältnisse bei Vertragsabschluß zum Gegenstande einer besonderen Vereinbarung gemacht haben würden, wenn man den ungewöhnlichen Einfluß des Krieges vorausgesehen haben würde. Klein[161]) spricht sich in ausführlicher Weise über die Geltung des Konzessions- und Tarifvertrages bei wesentlicher Veränderung seiner wirtschaftlichen Grundlagen aus. Der 3. Senat des Reichsgerichtes[162]) hat entschieden: Wenn auch grundsätzlich daran festgehalten werden muß, daß Verträge zu wahren sind, so darf dies doch nicht dahin führen, ihre Ausführung auch unter völlig veränderten, bei ihren Abschlüssen nicht voraussehbaren Verhältnissen zu verlangen. Von Supf[163]) ist ein Buch über die Tarifnot und Tariferhöhung in den Gemeindebetrieben und den privaten Straßenbahn-, Gas-, Wasser- und Elektrizitätsunternehmungen erschienen. Er empfiehlt als Lösung den Erlaß einer Bundesratsverordnung, welche die Anrufung von Schiedsgerichten gestatten soll.

Die infolge des Krieges nötig gewordenen Tariferhöhungen einer größeren Anzahl von EWen werden bekanntgegeben[164]). Auch in Amerika[165]) haben sich infolge Wachsens der Kohlenkosten Tariferhöhungen nicht umgehen lassen. Mortimer[166]) fordert solche wegen des Wechsels auf dem Geldmarkt und wegen der großen Nachfrage nach Kapital, verbunden mit dem Anwachsen der Erzeugungskosten.

Der Einfluß der Sommerzeit. Hierüber werden aus Deutschland im Berichtsjahre keine Erfahrungen mitgeteilt. Dagegen hat Insull[167]) von der Commonwealth Edison Co. in Chicago ermittelt, daß in sieben Monaten eine Ersparnis von 0,3 Mill. t Kohle stattgefunden hat. Allerdings seien die Einnahmen um 9,5 Mill. Doll. gesunken. Abzüglich der Ersparnis an Brennstoff bleibe ein Verlust von 8,5 Mill. Doll. Würde man die Zeitverlegung auf das ganze Jahr ausdehnen, so wäre eine weitere Ersparnis von 125000 t Kohle zu erwarten. Dabei würde eine Leistung von 400000 kW an Maschinen frei werden. An an-

derer Stelle[168]) wird durch Daten und Kurven zu beweisen versucht, daß zwar keine große Kohlenersparnis, aber eine Zunahme des täglichen Belastungsfaktors von etwa 6% eintritt. Als Durchschnitt während einer längeren Periode wurden 2 bis 3% festgestellt. Stellenweise trat auch eine Verschlechterung ein. Vorteilhaft wäre die Wirkung, wenn die neue Zeit auf das ganze Jahr ausgedehnt werden könnte. Auch hier wird die schädliche Einwirkung auf die Einnahmen der EWe betont. Robertson[169]) bildet aus den täglichen Belastungskurven Philadelphias des Jahres 1916 eine Relief-Jahresbelastungskurve. Er zeigt den Einfluß der Sommerzeit auf die Stromspitze und den Belastungsfaktor, die beide günstiger werden.

Elektrizität und Verwaltungen. Die Maßnahmen der Elektrizitätswirtschaftsstelle[147]) sind schon im Abschnitt „Einfluß des Krieges“ erwähnt worden. Der schweizerische Bundesrat hat mit Wirkung vom 15. 5. 18 eine Verordnung[170]) über die Ausfuhr el. Energie erlassen. Die Ausfuhr ist befristet und bedarf der Genehmigung, die bei Nichtbeachtung der Bedingungen jederzeit ohne Entschädigung zurückgezogen werden kann.

Für die Verwaltungen von EWen ist es von Wichtigkeit, richtige Methoden zur Vorausberechnung der Selbstkosten an Hand zu haben. Hierfür liegt eine längere Arbeit von Soschinski[171]) vor. Loewe[172]) macht ausführliche Mitteilungen über die Förderung des bargeldlosen Zahlungsverkehrs. Biermann[173]) zeigt den Weg zur Vereinfachung des Rechnungsverteilungs- und Einziehungsverfahrens unter Anwendung von Pauschalrechnungs-Quittungskarten. Auch beim Zählertarif soll zunächst ein Pauschale verrechnet und die endgültige Abrechnung am Schlusse des Jahres vorgenommen werden. Auch die Verwendung einfacher Kassierapparate wird vorgeschlagen. Hierzu äußern sich Liebsch[174]), Vogler[175]) und Thiemann[176]), denen Biermann[177]) in einem Schlußwort erwidert.

Für eine Stadt von 80000 Einwohnern wird die Frage der Vereinigung der technischen und kaufmännischen Verwaltungen beim Gas-, Wasser- und EW einschließlich des Installationswerkes für Gas und Wasser besprochen[178]). Hierzu gibt die Direktion des Städt. Gas-, Wasser- und EW Düsseldorf ihre Erfahrungen kund[179]), desgleichen Tillmetz[180]) für die Stadt Fürth. Auch das Städt. Betriebsamt von Fürth[181]) empfiehlt die Vereinigung auf Grund seiner Erfahrungen.

Die Erweiterung des Absatzgebietes. Hasler[182]) schildert die Vergleichsversuche über die Wirtschaftlichkeit von Dampf- und el. Backöfen. Für letztere wird, wie schon im JB 1917, S 63 erwähnt, eine lebhafte Werbetätigkeit in der Schweiz entfaltet und billige Nachtkraft zur Verfügung gestellt. Hasler hat Versuche an 4 zweistöckigen Öfen, 1 Dampfbackofen mit Auszugsvorrichtung, 1 Einschiebe-Dampfbackofen und je 1 el. Auszugsbackofen ohne und mit Wärmespeicher angestellt. Die Ergebnisse zeigten, daß in der Schweiz bei einem Strompreise von 2,5 bis 3 Rp/kWh die Kosten für die Herstellung des Brotes stark herabgesetzt werden können. Hoffmann[183]) macht Vorschläge für die Elektrizitätsversorgung unrentabler Gebiete. Von verschiedenen Seiten wird für die Dampferzeugung aus Elektrizität Stimmung gemacht. Warschafski[184]) beschreibt eine Anlage der AEG mit el. beheiztem Dampfkessel, bei dem als Heizwiderstand das zu erhitzende Wasser benutzt wird. Bislang sind solche Dampfkessel, denen billige Überschußwasserkräfte als Stromquelle dienen, in Einheiten bis zu 1500 kW und für Spannungen bis zu 10 kV gebaut worden. An anderer Stelle[185]) wird ein von Revel erfundener und von der Firma Luigi Boselli in Mailand gebauter Dampferzeuger beschrieben, bei dem die Erhitzung ebenfalls ohne besondere Heizkörper erfolgt. Rutgers[186]) beschreibt einige Ausführungsformen von el. Wärmeerzeugern der Maschinenfabrik Oerlikon, die Dampf für el. Zwecke erzeugen und bei ungenügend ausgenutzten Wasserkräften recht wirtschaftlich sein können. In einem Schulhaus in Baden (Schweiz) wurde eine el. Warmwasser-Heizanlage[187]) in Betrieb genommen. Sie verbraucht 120 kW, hat bei bestimmter Temperatur selbsttätige Ausschaltung und arbeitet bei den

gegenwärtigen Kohlenpreisen billiger als Kohlenheizung. In der Kommission für Heiz- und Kochapparate des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins schilderte Wyßling[188]) die große Wirtschaftlichkeit der Apparate für Werke und Verbraucher und schließt mit der Mahnung, das el. Kochen, das „Kochen mit Wasserkraft", als Erfüllung einer nationalökonomischen Aufgabe mit allen Mitteln zu fördern. J. A. M'Hollan[189]) berichtet über eine Reihe interessanter Versuche von J. D. Roß, Direktor des Städt. Elektrizitätswerkes Seattle. Dieser hat festgestellt, daß die el. Heizung im Vergleich mit Dampf bei einem Kohlenpreis von 6 Doll./t und bei einem Strompreis von 0,4 Cent/kWh bestehen kann. Der Aufsatz enthält zahlreiche Kurven und Zahlentafeln.

In Amerika liefen 1917 schon über 35000 Elektromobile, wie Conradi[190]) mitteilt, darunter in New York allein über 2500 Nutzfahrzeuge oder 43% aller gewerblichen Zwecken dienende Kraftwagen. Norberg-Schulz[191]) zeigt daß der Nettoüberschuß auf den Einwohner und das Jahr mit der el. Belieferung von Straßenbahnen steigen wird.

In Norwegen[192]) sind Versuche gemacht worden, Salz mittels Elektrizität aus Meerwasser zu gewinnen. Die Jahreserzeugung mit 4875 kW beträgt rd. 50000 t..

[1]) ETZ S 210. — [2]) EW 6. Jg., S 28. — [3]) Gugenhan, Z. Ver. D. Ing. S 838. — [4]) ETZ S 478. — EW 6. Jg., S 136. — [5]) ETZ S 419. — [6]) ETZ S 419. — EW, 6. Jg., S 122. — [7]) Z. Ver. D. Ing. S 94. — EW, 6. Jg., S 135. — [8]) ETZ S 50. — [9]) Schweiz. Bauztg. Bd 71, S 143. — Z. Ver. D. Ing. S 227. — [10]) ETZ S 169. — [11]) Z. Ver. D. Ing. S 952. — [12]) ETZ S 425. — Z. Ver. D. Ing. S 796. — EW, 6. Jg., S 135. — [13]) EW, 6. Jg., S 135. — [14]) Z. Ver. D. Ing. S 797. — El. Masch.-Bau S 171. — [15]) EW, 6. Jg., S 46. — [16]) Z. Ver. D. Ing. S 774. — [17]) Z. Ver. D. Ing. S 378. — [18]) EW, 6. Jg., S 135. — [19]) Z. Ver. D. Ing. S 907. — [20]) Engineer v. 13. 12. 1918. — [21]) Dantscher, Z. Ver. D. Ing. S 951. — [22]) El. Masch.-Bau S 202. — El. Kraftbetr. S 12. — [23]) Z. Ver. D. Ing. S 730. — El. Kraftbetr. S 215. — [24]) Le Génie civil S 417. — Z. Ver. D. Ing. S 839. — [25]) G. Stern, Mitt. AEG S 105. — [26]) Dobrowolsky, Z. Ver. D. Ing. S 904. — [27]) A. Jung, Die staatliche Elektrizitäts - Großversorgung Deutschlands, Gustav Fischer, Jena 1918. — [28]) L. Aschoff, Form und Endziel einer allgemeinen Versorgung mit Elektrizität, Julius Springer, Berlin 1917. — [29]) Thierbach, Techn. u. Wirtsch. S 419. — [30]) Thierbach, ETZ S 351. — [31]) M. Seidner, El. Masch.-Bau S 1, 16. — [32]) K. Loos, El. Masch.-Bau S 89, 105. — EW, 6. Jg., S 79, 93, 111. — [33]) Block, ETZ S 144. — El. Masch.-Bau S 322. — 34) Gg. Horstmann, ETZ S 193, 311. — [35]) S. Soroker, ETZ S 311. — [36]) H. Zipp, El. Kraftbetr. S 17. — [37]) ETZ S 58. — EW, 5. Jg., S 178, 194. — [38]) R. Meier, ETZ S 41. — Mitt. Ver. EW S 44. — [39]) ETZ S 159. — EW, 5. Jg., S 162. — El. Masch.-Bau Anh. Heft 6, S 21. — Mitt. Ver. EW S 151. — El. Kraftbetr. S 124. — [40]) ETZ S 307. — Z. Ver. D. Ing. S 500. — EW, 6. Jg., S 75. — Mitt. Ver. EW S 251. — El. Masch.-Bau S 431. — El. Kraftbetr. S 179. — [41]) ETZ S 419. — Mitt. Ver. EW S 344. — EW, 6. Jg., S 121. — [42]) Rosellen, Z. Ver. D. Ing. S 715. — El. Kraftbetr. S 265, 273. — Jl. Gas Wasser S 457. — [43]) El. Anz. S 54. — [44]) ETZ S 389. — Z. Ver. D. Ing. S 730. — EW, 6. Jg., S 105. — [45]) ETZ S 458. — [46]) ETZ S 509. — [47]) Fr. Schmidt, ETZ S 490. — [48]) EW, 6. Jg., S 60. — [49]) C. Zell, ETZ S 361, 490. — Mitt. Ver. EW S 282. — [50]) EW, 5. Jg., S 164. — [51]) ETZ S 478. — [52]) EW, 5. Jg., S 163, 179. — [53]) EW, 5. Jg., S 196. — [54]) ETZ S 8. — El. Masch.-Bau Anh. Heft 6, S 21. — EW, 5. Jg., S 179. — [55]) B. Monath, Mitt. Ver. EW S 92, 118, 139, 155. — [56]) ETZ S 70. — [57]) ETZ S 189, 287. — EW, 6. Jg., S 28. — [58]) El. Kraftbetr. S 93. — 59) El. Masch.-Bau S 69. — Techn. u. Wirtsch. S 138. — El. Kraftbetr. S 5. — Mitt. Ver. EW S 132, 145. — [60]) Mitt. Ver. EW S 183. — [61]) Mitt. Ver. EW S 325. — [62]) EW, 6. Jg., S 44. — [63]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau S 61. — [64]) W. v. Winkler, El. Masch.-Bau S 251, 266. — [65]) L. Rosenbaum, El. Masch.-Bau S 505. — [66]) R. P. Baumfeldt, ETZ S 230. — [67]) F. Brock, El. Masch.-Bau S 101, 129, 372. — [68]) J. Roßhändler, El. Masch.-Bau S 126, 130. — 69) Locher & Co. und B. Gianelia, El. Masch.-Bau S 376. — [70]) Halter, El. Masch.-Bau S 133. — [71]) ETZ S 230. — [72]) ETZ S 50. — El. Masch.-Bau S 23. — El. Kraftbetr. S 63. — [73]) Mitt. Ver. EW S 390. — [74]) Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 82. — Bull. Schweiz. EV S 183. — Mitt. Ver. EW S 355. — [75]) ETZ S 230, 329. — El. Kraftbetr. S 143. — [76]) ETZ

S 88. — [77]) C. Feldmann, ETZ S 387. — El. Masch.-Bau S 249. — [78]) H. Doyer, Eene Ryks-Electriciteitsvoorziening van Nederland, J. Waltmann jr., Delft 1916. — [79]) EW, 6. Jg., S 105. — [80]) H. Doyer, El. Masch.-Bau S 504. — [81]) EW, 6. Jg., S 105. — El. Rev. (Ldn.) Bd 83, S 101. — [83]) Z. Ver. D. Ing. S 952. — [84]) S. J. Watson, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 186. — Engineering Bd 105, S 698. — El. Masch.-Bau S 169. — [85]) ETZ S 50, 368, 517. — El. Kraftbetr. S 70, 215. — El. Masch.-Bau S 97, 107, 308. — Mitt. Ver. EW S 328. — Engineering Bd 105, S 14, 413, 528, 641. — El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 6, 25, 45, 171, 213, 286, 309, 317, 339, 431, 634; Bd 83, S 6. — Electr. (Ldn.) Bd 80, S 504, 811, 848, 901; Bd 81, S 100. — [86]) S. L. Pearce, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 188. — [87]) R. A. Chatock, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 559, 588. — ETZ S 28. — [88]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 605. — [89]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 278. — [90]) Marshall, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 550. — [91]) A. C. Nelson, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 552. — [93]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 705. — [93]) El. Masch.-Bau S 462. — [94]) W. H. Onken, El. World Bd 70, S 806. — [95]) R. J. Mc Clelland, El. World Bd 72, S 100. — [96]) El. World Bd 71, S 26. — [97]) P. Cabot, El. World Bd 72, S 696. — [98]) El. Kraftbetr. S 13. — [99]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 49. — [100]) ETZ S 79. — [101]) El. World Bd 71, S 12. — [102]) El. World Bd 71 S 449. — [103]) El. World Bd 71, S 448, 1191. — [104]) El. World Bd 72, S 494. — [105]) El. World Bd 71, S 985. — [106]) El. World Bd 72, S 612. — [107]) El. World Bd 72, S 257, 299. — [108]) El. World Bd 71, S 671. — [109]) El. Masch.-Bau S 171. — [110]) G. Klingenberg, Z. Ver. D. Ing. S 1, 25, 37. — ETZ S 176. — [111]) Graf v. Brockdorff, Mitt. AEG S 25. — [112]) A. Grunenberg, Mitt. Ver. EW S 109. — [113]) H. R. Trenkler, Z. Ver. D. Ing. S 85, 107. — [114]) Z. Ver. D. Ing. S 134. — [115]) Pradel, El. Anz. S 227. — [116]) El. Masch.-Bau S 322. — [117]) K. Birchler, El. Masch.-Bau S 409. — [118]) Mitt. Ver. EW S 219. — El. Kraftbetr. S 99. — [119]) ETZ S 120. — [120]) E. R. Uderstädt, EW, 6. Jg., S 89. — [121]) D. Wilson, El. Masch.-Bau S 492. — [122]) L. Conge, Rev. Gén. El. Bd 4, S 319. — [123]) W. N. Polakov, El. World Bd 71, S 36. — [124]) A. Della-Riccia, Rev. Gén. El. Bd 4, S 259, 299. — [125]) J. S. Peck, Engineering Bd 102, S 517, 540. — ETZ 1918, S 178. — [126]) J. H. Siegfried, El. World Bd 69, S 793. — ETZ S 239. — [127]) E. Fleig, Mitt. Ver. EW S 211. — [128]) G. W. Meyer, El. Anz. S 42. — [129]) F. Scoumanne, Rev. Gén. El. Bd 3, S 211, 281. — [130]) Rev. Gén. El. Bd 4, S 84. — [131]) E. Poirson, Rev. Gén. El. Bd 3, S 859. — [132]) E. W. Dorey, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 61. — [133]) W. Brown, El. World Bd 71, S 1364. — [134]) J. T. Peyton, El. World Bd 72, S 492. — [135]) El. World Bd 70, S 1056. — [136]) H. Bußmann, ETZ S 93, 105. — [137]) G. Benischke, ETZ S 159. — [138]) H. Bußmann, ETZ S 160. — [139]) A. Illiovici, Rev. Gén. El. Bd 4, S 102. — [140]) W. C. Rechniewski, Rev. Gén. El. Bd 3, S 347. — [141]) M. Boucherot, Rev. Gén. El. Bd 3, S 83. — [142]) El. World Bd 71, S 1378. — [143]) E. Wirz, Bull. Schweiz. EV 1916, S 317. — ETZ S 307. — [144]) J. Nicolaisen, ETZ S 473. — [145]) H. Büggeln, Techn. u. Wirtsch. S 371. — [146]) G. P. Roux, Rev. Gén. El. Bd 3, S 609. — [147]) G. Dettmar, ETZ S 73. — [148]) ETZ S 98. — [149]) Z. Ver. D. Ing. S 420. — [150]) G. Siegel, ETZ S 148. — Mitt. Ver. EW S 128. — [151]) v. Brocken, Mitt. Ver. EW S 83. — [152]) Spengel, Mitt. Ver. EW S 5, 231. — [153]) Spengel, Mitt. Ver. EW S 261. — [154]) Mitt. Ver. EW S 355. — [155]) ETZ S 317. — [156]) Iron Age S 1546. — Z. Ver. D. Ing. S 619. — [157]) Berthold, Mitt. Ver. EW S 28. — [158]) Mitt. Ver. EW S 83. — [159]) Hachenburg, Mitt. Ver. EW S 107. — [160]) Agthe, Mitt. Ver. EW S 222. — [161]) K. Klein, EW, 6. Jg., S 33, 51, 65. — [162]) Mitt. Ver. EW S 396. — [163]) Wilh. Supf, Tarifnot und Tariferhöhung in den Gemeindebetrieben und den privaten Straßenbahn-, Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerken, Karl Heymann, Berlin. — Mitt. Ver. EW S 367. — [164]) Mitt. Ver. EW S 374. — [165]) El. World Bd 71, S 240. — [166]) J. D. Mortimer, El. World Bd 70, S 859. — [167]) S. Insull, El. Masch.-Bau Anh. Heft 42, S 171. — [168]) El. World Bd 71, S 972. — [169]) Wm. Le Roy Robertson, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 731. — [170]) ETZ S 230. — Mitt. Ver. EW S 272. — [171]) B. Soschinski, ETZ S 125, 135. — [172]) Loewe, Mitt. Ver. EW S 231, 321. — [173]) Fritz Biermann, ETZ S 155. — [174]) Liebsch, ETZ S 270. — [175]) H. Vogler, ETZ S 270. — [176]) Thiemann, ETZ S 270. — [177]) F. Biermann, ETZ S 271. — [178]) Mitt. Ver. EW S 324, 348. — ETZ S 430. — [179]) Mitt. Ver. EW S 359. — [180]) Tillmetz, Mitt. Ver. EW S 371. — [181]) Mitt. Ver. EW S 371. — [182]) O. Hasler, El. Masch.-Bau S 22. — Z. Ver. D. Ing. S 56. — [183]) W. Hoffmann, ETZ S 13. — [184]) H. Warschafski, Mitt. AEG S 46. — [185]) Engineering Bd 104, S 468, 470. — ETZ S 110. — El. Masch.-Bau S 235. — [186]) F. Rutgers, Schweiz. Bauztg. Bd 71, S 181. — ETZ S 258. — [187]) Z. f. d. ges. Turbinenwesen S 178.

— Z. Ver. D. Ing. S 579. — EW, 6. Jg., S 135. — [188]) Wyßling, Bull. Schweiz. EV 1917, S 173. — El. Masch.-Bau S 52. — [189]) J. A. M'Hollan, El. World Bd 71, S 513. — [190]) Electr. (Ldn.) Bd 79, S 140. — C. G. Conradi, ETZ S 259. — [191]) Norberg Schulz, ETZ S 401. — El. Masch.-Bau S 556. — [192]) ETZ S 430.

Kraftquellen.

Von Ing. Eugen Eichel.

Wind- und Wasserkraft.

So erfolgreich die Arbeiten der wissenschaftlichen Institute für die Erforschung der Windströmungen, des Luftwiderstandes verschieden geformter Körper u. dgl. auf den Bau und die Leistung von Flugzeugen und Luftschiffen einwirkte, so wenig ist bisher ein einschneidender Einfluß auf den Bau von Luftkraftmaschinen, auf Windräder und -turbinen bemerkbar. Als Kleinkraftmaschine beherrscht der Windmotor unter gegebenen Verhältnissen ein beschränktes Sonderfeld und dient überwiegend der Bewässerung und Erzeugung von elektrischem Strom für die Beleuchtung, ausnahmsweise auch für Kleinkraftübertragung[1]). Auf Flugzeugen und Luftschiffen wurden Sonderdynamomaschinen mit Luftflügelantrieb verwendet, deren Strom zur Beleuchtung, el. Erwärmung von Schutzbekleidungsstücken aller Art, auch Nahrungsmitteln, und besonders zur Versorgung funkentelegraphischer Einrichtungen dient. Sie haben sich gut bewährt und dürften in der Leistung gesteigert werden, je größere Ansprüche die Praxis in der Friedenszeit an das Flugzeug als Träger von Post und als besonders kostspieliges Schnellverkehrsmittel für Fahrgäste stellen dürfte.

Neben der strömenden Luft bilden die Gezeiten eine bisher praktisch unausgenutzte riesige Kraftquelle. Die um 1912 im VDE besprochenen Pläne, Ebbe und Flut in Deutschland in größerem Maßstabe in den Dienst der angewandten Elektrotechnik zu stellen (vgl. JB 1913, S 82) führten zu keinem Ergebnis. Dagegen sind im Berichtsjahre in Frankreich ähnliche Pläne in ernstliche Erwägung gezogen worden. Bisher scheiterte die Wirtschaftlichkeit derartiger Schleusenanlagen zur wirksamen Ausnutzung des Gefällunterschiedes des Meeres während der Ebbe und Flutzeit, wie bei der Anlage von größeren Windkraftwerken, an der Unstetigkeit des Kraftmittels und daran, daß überstark, daher sehr kostspielig, gebaut werden muß, um zu erwartenden Stürmen Rechnung zu tragen. Ähnliche, wenn auch nicht so schroffe Verhältnisse liegen ja allerdings bei fast allen Anlagen vor, die Wasserkräfte ausnutzen. Immerhin kann man da durch sorgfältige Vorstudien eine solche Klärung der Sachlage herbeiführen, daß man von vornherein mit einer gewissen Sicherheit der Wirtschaftlichkeit des Ausbaues rechnen kann. Gesteigert wird die Gewinnmöglichkeit durch die neuzeitigen Bestrebungen, mit den natürlichen Erdschätzen im Interesse kommender Geschlechter zu sparen, und durch die derzeitigen hohen Brennstoffpreise, mit deren Verminderung noch auf absehbare Zeit nicht zu rechnen ist. Daher gewinnt wieder der örtliche Ausbau von Kleinkraftwerken an Interesse, trotzdem er im Allgemeininteresse auf Widerstand stößt. Er hindert doch mehr oder weniger den vollkommeneren Ausbau zusammengefaßter Wasserkräfte zu Großkraftwerken, von denen die abzufindenden Kleinkraftwerksbesitzer meist durch Belieferung mit el. Strom entschädigt werden. Damit nun aber die Großkraftstromerzeugung sich nicht zu monopolartigen Unternehmungen der Privatindustrie entwickelt, ist die Gesetzgebung aller Länder bestrebt, bei aller Förderung privater Unternehmertätigkeit, den Staat am Unternehmen selbst mehr oder weniger zu beteiligen, die Konzessionsdauer zu beschränken, die Tariffragen zu überwachen und dafür zu sorgen, daß ein

möglichst kurzbefristetes, vorteilhaftes Überführen des Unternehmens in den Staatsbetrieb möglich wird.

In **Amerika** bestehen bereits eine große Anzahl staatlicher Wasserkraftwerke in Verbindung mit Staudämmen für Bewässerungsanlagen. Von den bekanntesten, amerikanischen Wasserkraftanlagen, denen am Niagarafall, befinden sich die auf der amerikanischen Seite gelegenen Anlagen allerdings im Privatbesitz; doch ist das bedeutendste, auf der kanadischen Seite gelegene Werk in dem Besitz der Provinz Ontario, die bekanntlich durch ein weitausgedehntes Fernleitungsnetz für 110 kV ihrer Hydroelectric Power Commission für wohlfeile Strombelieferung ihrer Bewohner besorgt ist. Während des Krieges hat diese Stromversorgung der heimischen Industrie außerordentlich gute Dienste geleistet. Die Wasserentnahme aus dem Niagarafluß ist durch Abkommen zwischen den Grenzstaaten Amerika und Kanada geregelt, um ungleiche Entnahme und zu große Beeinträchtigung der Erscheinung der Fälle zu verhindern. Jetzt nähern sich nun die entnehmbaren Wassermengen nicht nur der zulässigen Höhe, sondern überschreiten sie z. T. beträchtlich. Dies hat wiederum die Frage an Bedeutung gewinnen lassen, ob es gerechtfertigt sei, dem ästhetischen Empfinden und der Freude an der Natur einen jährlichen Gegenwert von etwa 200000000 M zu opfern. — Man rechnet dabei mit der Möglichkeit einer dauernd erzeugbaren Leistung von 4 Millionen kW und einem Jahrespreis von 50 M./kWh [2]) während zur Zeit etwa 480000 kW insgesamt erzeugt werden, wovon Amerika 195000 kW selbst erzeugt und von Kanadas Kontingent noch etwa 81000 kW einführt [3]). Dabei zeichnen sich die am Niagara gelegenen Werke durch ganz besonders hohe Jahresbelastungsfaktoren aus, z. B. betrug der Belastungsfaktor im Jahre 1916 bei der Niagara Falls Power Co. 80,64% bei einer Erzeugung von 1016 Millionen kWh und einer Spitzenbelastung von 143000 kW, bei der Ontario Power Co. sogar 86,80% bei einer Erzeugung von 942 Millionen kWh und einer Spitzenbelastung von 124000 kW. Noch höher, nämlich 91,5% war er bei der Hydraulic Power Co. bei einer Erzeugung von 717 Millionen kWh und einer Spitzenbelastung von 89000 kW. Diese ungeheuren Leistungen und dauernden Belastungen sind im wesentlichen zurückzuführen auf die angegliederte elektrometallurgische und chemische Industrie (Aluminium, Kalziumkarbid, Karborundum, Graphit u. dgl.) während das größte mit Großdampfkraftwerken arbeitende Elektrizitätsunternehmen Amerikas, die Commonwealth Edison Co., Chicago, nur 43,2% Jahresbelastungsfaktor bei einer Stromerzeugung von 1342 Millionen kWh und 370000 kW Spitzenbelastung besaß [4]).

Skandinavien. Dort bildet die elektrochemische und metallurgische Industrie den Hauptabnehmer der mit Wasserkraft erzeugten el. Energie. So wurde bereits im Jahre 1917 ¾ der Energie des Trollhättakanal-Kraftwerkes von obengenannten Industrien in Anspruch genommen. Von 8 Fabriken mit 9000 kW Energiebedarf im Jahre 1904 wuchs diese Industrie Schwedens auf 75 Fabriken mit 126000 kW im Jahre 1917 [5]). Da das staatliche Trollhättawerk Ende 1918 bis auf 105000 kW ausgebaut sein soll, zur Zeit von Wassermangel aber nur 72000 kW Vorzugskraft abgeben kann und daher auf Aushilfe durch benachbarte Dampfkraftwerke (Gotenburg) angewiesen ist, hofft die schwedische Regierung, daß sich die elektrochemische Industrie alsbald nach anderen, billigeren Kraftversorgungsquellen umsehen und von Trollhätta fortziehen wird, um den Strom für andere Zwecke, besonders auch die Vollbahnelektrisierung, verfügbar zu erhalten. Sie schließt daher nur kurzfristige Verträge [6]). Ein im hohen Norden gelegenes sehr leistungsfähiges — ebenfalls vom schwedischen Staate gebautes — Werk ist das am Porjus gelegene, das die Reichsgrenzenbahn mit Einphasenwechselstrom und die Grubenbetriebe bei Gellivare mit Drehstrom versorgt. Sobald seine Maschinenleistung von 60000 kW, die nur noch durch Einbau von weiteren 2 Stromerzeugern zu 10000 kW gesteigert werden könnte, den Anforderungen der Industrie und Staatsbahn nicht mehr genügt, soll zum Ausbau weiterer Gefällstufen des Luleflusses geschritten werden, z. B. des Har-

sprangfalls, der bis 134000 kW hergeben könnte. Das dritte, zentral am Daläl gelegene, staatliche schwedische Wasserkraftwerk in Aelkarleby von 50000 kW Maschinenleistung ist ebenfalls voll ausgenutzt und arbeitet teils unterstützend, teils strombeziehend mit bestehenden Dampfkraftwerken, auch einem Gaskraftwerke zusammen. Die schwedische staatliche Wasserkraftdirektion ist energisch bemüht, alle gut ausbaubaren Wasserkräfte so schnell und wirtschaftlich wie möglich dazu heranzuziehen, Schweden vom Bezug teuren Brennstoffes aus dem Auslande unabhängig zu machen.

In Norwegen erfolgt der Ausbau der Wasserkräfte unter Förderung der Regierung besonders durch die Kommunen und durch die elektrochemische und metallurgische Industrie. Im Jahre 1917 sind 92000 kW an Wasserkräften ausgebaut worden[7]). Die Stadt Stavanger hat zur Sicherstellung zukünftigen Strombedarfes Wasserkräfte angekauft, deren Gesamthöhe auf 200000 kW geschätzt wird[8]). Bemerkenswert ist bei der bereits bestehenden Oltedalanlage eine Fjord-Kreuzung der zur Zeit mit 32 kV, später mit 55 kV betriebenen Fernleitung von 1382 m Spannweite.

Auch in der **Schweiz** findet der Ausbau der Wasserkräfte in großem Maßstabe unter Förderung und Beteiligung von Staat, Kanton und Kommune statt. Die »eidgenössische Sammelschiene« fördert die Betriebssicherheit und den Belastungsausgleich[9]).

I'alien. Die Wasserkraftanlagen Norditaliens hatten infolge außergewöhnlich großer, langandauernder Kälte des Winters 1918 unter so starkem Wassermangel zu leiden, daß der Stromverbrauch nicht nur allgemein stark eingeschränkt werden mußte, sondern auch die Kriegsindustrie 2 Tage in der Woche den Betrieb einstellen mußte[10]). Das bereits in Bardonechia vorhandene Kraftwerk soll zur Stromlieferung für die zu elektrisierenden Vollbahnen der Mont Cenisstrecke auf 20000 kW ausgebaut werden.

In **Frankreich** beschäftigt man sich immer wieder mit der Frage der zweckmäßigsten Ausnutzung der Wasserkraft der Rhone im Hinblick auf eine weitgehende Schiffbarmachung des Oberlaufes bis zur schweizerischen Grenze und die Versorgung von Paris mit el. Strom. Ein Entwurf sieht die Herbeiführung eines 280 ha großen Stausees durch Errichtung einer 76 m hohen Staumauer vor, wodurch eine Energiegewinnung von 180000 kW ermöglicht werden soll[11]). Die Ausnutzung der Wasserkräfte der französischen Alpen erleichterte die Entwicklung einer bedeutenden elektrochemischen und metallurgischen Industrie, die Frankreich besonders im Kriege außerordentlich zustatten kam. Ihr weiterer Ausbau wird daher nach Möglichkeit gefördert[12]). Ein besonderes Interesse nehmen aber auch die französischen Vollbahnen an der Wasserkraftentwicklung in den Gebirgsgegenden, so auch in den Pyrenäen.

In **Spanien** bestehen bereits bedeutende Wasserkraftentwicklungen oder harren des Ausbaues. Die Regierung beabsichtigt die Gründung einer paritätisch aus Vertretern aller interessierten Kreise bestehenden »Wirtschaftsstelle für Wasserkraftelektrizität«.

Großbritannien hat nennenswertere Wasserkräfte nur in Schottland, die z. T. bereits für die Herstellung von Aluminium verwertet werden.

In **Rumänien** bestehen Bestrebungen, die Wasserkräfte des petroleumgesegneten Landes in Verbindung mit Flußlaufregelungen auszubauen. Die der Donau mit hohem Gefälle zuströmenden Nebenflüsse sollen eine Gesamtleistung von 3700000 kW entwickeln lassen, von denen bisher erst 2700 kW ausgebaut sind, während die Industrie etwa 75000 kW mit Kohle und Erdöl erzeugen muß[14]).

Südafrika mit den Viktoriafällen des Zambesi hat die größte bisher bekannte Wasserkraft. Sie wird auf 550000 kW geschätzt[15]). Ihr Ausbau lohnt sich aber vorläufig der von Großverbrauchsmittelpunkten zu weit entfernten Lage wegen noch nicht.

In **Marokko** soll die Wasserkraft des Fesflusses ausgenutzt werden[16]).

Österreich. Die Bestrebungen, eine grundlegende Wasserkraftausnutzung unter Verwendung eines Reichskraftnetzes herbeizuführen, wurden durch die politische Lage gestört[17]). Über die wertvolle Vorarbeit, die das österreichische Eisenbahnministerium geleistet hat, geben die »Mitteilungen über die Studien und vorbereitenden Maßnahmen der österreichischen Eisenbahnverwaltung zur Ausnutzung der Wasserkräfte und zur Einführung des elektrischen Betriebes auf Vollbahnen« bearbeitet im k. k. Eisenbahnministerium, Wien 1917, k. k. Staatsdruckerei eingehenden Aufschluß[18]).

Deutschland. Über die Zukunft der deutschen Wasserwirtschaft berichtete A. L. Sympher[19]) der Deutschen Weltwirtschaftlichen Gesellschaft im wesentlichen mit Hinblick auf die Wasserverkehrsstraßen, aber mit dem ausdrücklichen Hinweis darauf, daß eine gute Wasserwirtschaft vor allem durch Erschließung von el. Kraftquellen zu billiger Versorgung des Landes mit Elektrizität Bedacht nehmen muß. — Über die Verwertung der Wasserkräfte des Oberrheins faßte der Haushaltungsausschuß der 2. Kammer der Badischen Landstände grundlegende Entschlüsse, die den neuzeitlichen Anschauungen über die Beteiligung des Staates an Bau und Betrieb derartiger Unternehmen entsprechen. — Zu ähnlichen Maßnahmen riet bezüglich der Wasserkräfte Württembergs Gugenhan. Württemberg ist das Land der vielen Kleinwasserkräfteausnutzungen. Von 3600 Kraftwerken werden insgesamt rd. 70000 kW erzeugt; nur in 9 Kraftwerken werden mehr als 750 kW entwickelt. Empfohlen wird der Ausbau von drei größeren Neckar- und zwei Iller-Kraftwerken mit zusammen 16000 kW nutzbarer Leistung. Das Baden und Württemberg interessierende Murgkraftwerk kam in Betrieb. Einen ausführlichen Bericht erstattete Otto Hauger[21a]). Mit dem Bau des Walchenseekraftwerks wurde begonnen. Seine Kraft wird durch das gemischt-wirtschaftliche Bayernwerk, G. m. b. H. über Bayern verteilt werden[22]). In der schweren wirtschaftlichen Not, die der unglückliche Ausgang des Krieges über Deutschland gebracht hat, die erhöht wird durch die Forderungen der Feinde auf Abtretung für unsere gesamte Volkswirtschaft so wichtiger Kohlenbestände, gewinnt die Notwendigkeit des Ausbaus aller wirtschaftlich erschließbaren Wasserkräfte ganz besondere Bedeutung. Als Notstandsarbeit ermöglicht sie die Beschäftigung vieler zurzeit Erwerbsloser und vermindert die Summe der an diese ohne Erträgnis auszahlbaren Unterstützungsgelder. Sie beschäftigt aber auch die Industrie und gibt den Fabriken Gelegenheit, ihren aus dem Felde zurückkehrenden Facharbeitern geeignete Tätigkeit zu verschaffen.

Sie fördert die Bestrebungen, kriegsbeschädigte Männer mit ihrer Familie auf Kleinsiedelungen seßhaft zu machen, da ja vielfach in Verbindung mit dem Ausbau von Wasserkräften neue Wege hergestellt werden und so dem Verkehr erschlossenes Gelände für die Siedelung reif wird: Die el. Triebkraft ermöglicht das Blühen der Hausindustrie. So wirkt die Technik des Wasserkraftausbaues im weitesten Sinne fördernd auf die Hebung unserer Volkswirtschaft und die Ertüchtigung der Kriegsteilnehmer und der heranwachsenden Jugend.

Dampfkraft.

So dringend aber der Ausbau verfügbarer Wasserkräfte auch ist, so wichtig bleibt doch nach wie vor die vorteilhafte Gewinnung und beste Ausnutzung natürlicher Brennstoffe. Da auf die hochwertigen Brennstoffe Englands und Amerikas mit Rücksicht auf den knappen Schiffsraum und den Stand der Geldwährung, die nur durch gesteigerte Ausfuhr und möglichst verminderte Einfuhr gebessert werden kann, soweit irgend angängig verzichtet werden muß, ergibt sich in allen kohlenarmen Ländern das Bestreben gesteigerter Heranziehung minderwertiger Brennstoffe. In Rußland und Schweden mußte man vielfach wieder zum Holz greifen, ferner zum Torf, welch letzterer aber auch in anderen Ländern, z. B. in Deutschland, in Österreich-Ungarn, der Schweiz und in Italien an Bedeutung gewann. Nächstdem half die Braunkohle in großem Maßstabe dem Steinkohlenmangel ab. Die steigende Bedeutung der Braunkohle führte aber

zu einer außerordentlichen Wertsteigerung der Braunkohlengruben, zur Wiederaufnahme des Betriebes stillgelegter Gruben und zu einem starken Ansteigen des Preises guter Braunkohlen und Briketts. Die Großindustrie, Kommunen und Staaten bemühten sich darum, zukünftigen Bedarf durch Erwerb von Braunkohlenbergwerken oder Gerechtsamen zu sichern. Im Anschluß an die Gruben entstanden Großkraftwerke zur unmittelbaren Ausnutzung derjenigen Kohlen, deren Gütegrad einen längeren Bahnversand nicht vertrug. Ein Vertreter derartiger Werke ist das in den Besitz des Reiches übergegangene Großkraftwerk Golpa-Zschornewitz, das die Reichsstickstoffwerke in Piestritz mit Kraft versorgt, aber auch seit dem Jahre 1918 über eine 132 km lange Fernleitung für 110 kV rd. 20000 kW nach Berlin übertragen kann und damit den Versand von täglich 300 bis 400 t Steinkohlen nach Berlin erübrigt [24]). Das bedeutendste auf einem Braunkohlenbergwerk errichtete Werk dürfte wohl aber das vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk, Essen (Ruhr) bei Frechen erbaute, zu Ehren ihres langjährigen verstorbenen Direktors »Goldenberg-Werk« genannte Kraftwerk sein, in dem die ersten Großdampfturbinen von 50000 kVA Leistung zur Aufstellung gelangten [25]). Aber auch den Steinkohlenbergwerken gliedert man gerne Elektrizitätswerke an, um auch dort die sonst schwer verkäuflichen Abfallkohlen, alte Waschberge u. dgl. mitverfeuern zu können. Ist mit der Grube eine Verkokungsanlage verbunden, so tritt die Erwägung nahe: soll das Werk mit Dampfbetrieb arbeiten, indem das Koksofengas unter den Kesseln verbrannt wird, oder mit Großgasmotoren. Dieselben Fragen gelten auch in den Fällen, in denen mit Mondgasanlagen oder mit solchen Anlagen gearbeitet wird, in denen die Kohlen auf Tieftemperaturteer oder in Verbindung mit anderen Vergasungsanlagen hauptsächlich auf Nebenproduktgewinnung (Benzole, Ammoniak, Schwefel usw.) eingestellt sind. Die weitgehendsten Fachleute verlangen, daß heute überhaupt keine Kohle mehr verbrannt, daß sie vielmehr nur noch vergast werde. Gemäßigtere weisen darauf hin, daß die Wirtschaftlichkeit derartiger Reinvergasungsanlagen stets schwankt mit dem für die Nebenprodukte erzielbaren Marktpreis, der aber bei der zu befürchtenden Überproduktion zeitweilig überaus niedrig ausfallen dürfte, daß die Vergasung sich auch nicht unterschiedslos empfiehlt, weil der wirkliche Kohlenverbrauch nicht verringert, sondern eher erhöht wird, da das bei der Vergasung erzielte Gas je nach der Steigerung der Nebenprodukterzeugung nur geringen Wärmegehalt habe. Besonders kostspielig sind derartige Großkraftanlagen zur Zeit noch deswegen, weil man bisher nur Vergaser von verhältnismäßig kleiner Leistung bauen kann, weil auch die zugehörigen Großgasmotoren im Verhältnis zu denen der bis auf 50000 kVA gesteigerten Einzelleistung von Dampfturbineneinheiten noch verhältnismäßig klein sind und trotzdem einen sehr großen Raumbedarf besitzen und sehr schwere Fundamente erfordern, die auf Grubengeländen sehr kostspielig auszufallen pflegen. Sehr eingehende Studien werden auf diesem Gebiete von Wittfeld angestellt mit Rücksicht auf die vorteilhafteste Brennstoffwahl für die Kraftwerke, die den für die Vollbahnelektrisierung in und um Berlin erforderlichen Strom erzeugen sollen. Auch der vorteilhafte Absatz der rückständigen Koksmengen dürfte bei geregelten Friedensverhältnissen nicht leicht sein. Während des Krieges waren die Elektrizitätswerke allerdings gezwungen, sich auch mit der Verfeuerung von Koksgrus und von Koks in den vorhandenen Kesselanlagen vertraut zu machen. Die wirtschaftlichen Ergebnisse waren aber keinesfalls ermutigend [26]). Die Staubkohlenfeuerung, die vor etwa 20 Jahren in Deutschland einzuführen versucht wurde, scheint sich in Amerika steigender Verbreitung zu erfreuen [27]). Sehr wesentlich ist für den Verbraucher nicht nur die Art des Brennstoffs, sondern auch die genaue Feststellung seiner Zusammensetzung und Eigenschaften. Hier ist besonders beim Einkauf auf gewissenhafte Probeentnahmen und Prüfung fortlaufender Lieferungen zu achten. Nach Erhalt der Kohlen übt die Art der Lagerung einen nicht unwesentlichen Einfluß auf ihren Wert aus. Noch sind die Verhältnisse nicht zweifelsfrei geklärt und die verschiedenen Arten der Lagerung,

ungeschützt oder geschützt im Freien, frei in geschlossenen Silos oder unter Wasserabschluß haben Anhänger und Gegner[29]). Es wären dankbare Aufgaben für die Brennkrafttechn. Gesellschaft und das Kohleninstitut, derartige rein praktische Fragen der Lösung näher zu bringen.

[1]) Helios Fachz. S 129. — El. Masch.-Bau, S 385. — [2]) Z. Ver. D. Ing., S 907. — [3]) Z. Ver. D. Ing., S 579. — [4]) El. Kraftbetr., S 36. — [5]) Z. Ver. D. Ing., S 579. — [6]) ETZ, S 428. — [7]) Z. Ver. D. Ing., S 539. — [8]) ETZ, S 169. — [9]) El. Kraftbetr., S 53, 143. — ETZ, S 329. — [10]) El. Kraftbetr., S 25. — [11]) Z. Ver. D. Ing., S 227. — [12]) El. World, Bd 70, S 870. — Rev. Gén. Sciences, Sept. 15—30, 1917. — Rev. Gén. El., Bd 4, S 549. — [13]) Z. Ver. D. Ing., S 952. — [14]) Z. Ver. D. Ing., S 619. — [15]) Z. Ver. D. Ing., S 839. — El. Rev. (Ldn), Bd 81, S 142; Bd 82, S 125. — [16]) ETZ, S 129. — [17]) El. Masch.-Bau, S 251, 266. — [18]) ETZ, S 96. — El. Kraftbetr., S 26. — [19]) A. L. Sympher, El. Kraftbetr., S 292. — [20]) El. Kraftbetr., S 93. — [21]) Z. Ver. D. Ing., S 839. — [21a]) O. Hanger, D. Bauztg., S 429, 469, 489. — [22]) El. Kraftbetr., S 144. — [23]) Mitt. Ver. EW, S 158, 191. — [24]) El. Kraftbetr., S 179. — ETZ, S 307. — [25]) El. Kraftbetr., S 271. — [26]) Z. Ver. D. Ing., S 57, 749; 93, 263, 318; 462, 492. — [27]) Z. Ver. D. Ing., S 81; El. Rev. (Ldn), Bd 82, S 280, 370. — [28]) El. Rev. (Ldn.), Bd 82, S 5. — [29]) El. World, Bd 70, S 1059.

Einrichtungen des Kraftwerkes.

Von Eugen Eichel.

Durchhalten trotz der äußerst schwierigen Kriegsverhältnisse, durchhalten trotz der erschwerten Betriebsverhältnisse, die der Waffenstillstand mit sich brachte, war die Parole für die Kraftwerke im Jahre 1918. Noch mehr als in den Vorjahren waren sie darauf angewiesen, mit minderwertigen Betriebsstoffen zu arbeiten und ihre während der Kriegsjahre so stark herabgewirtschafteten Maschinen und Anlagen mit ungeübtem Personal vor dem gänzlichen Zusammenbruch zu schützen. Besonders die Beschaffung der Brennstoffe und ihre Handhabung stellten große Anforderungen an die Betriebsleitungen. Man mußte vorlieb nehmen mit Brennstoffen, für die die Anlagen nicht geschaffen waren, deren Minderwertigkeit es erforderlich machte, viel größere Mengen auf die Roste zu fördern als üblich und die infolge des großen Aschengehaltes wiederum sehr große Anforderungen an die Abbewegung der Verbrennungsrückstände stellten. Hebe- und Transportzeuge sowie Brennstoff-Zerkleinerungsanlagen wurden daher auf das äußerste beansprucht oder mußten, wo nicht vorhanden, trotz der hohen Anschaffungskosten und langen Lieferzeiten eingebaut werden. Die mechanische Förderung dieser Massengüter wird aber von bleibendem Wert sein, da die Löhne eine anhaltende Neigung zur Steigerung zeigen, und es auch nach Eintritt des Friedens vorteilhaft sein dürfte, die Zahl der Kesselhausarbeiter so gering wie möglich zu halten. Brennstoffpreise und Höhe der Löhne machen es noch dringender wie in den Vorjahren erforderlich, den Kesselhausbetrieb mit Bezug auf Wirtschaftlichkeit ganz besonders scharf zu beobachten.

K. Klein[1]) berichtet über neuere Einrichtungen für den Kesselbetrieb von Dampfkraftwerken, insbesondere über die geeignete Ausbildung der Roste, der Aschen- und Schlackenausläufe und ihres Abtransportes, der überaus wichtigen Zugregelung und der Wasserreinigung. Aber nicht nur im Inland, sondern auch in dem kohlenreichen England sowohl wie in Amerika sind die Kraftwerksbetriebsleiter gezwungen gewesen, sich mit minderwertigen Betriebsstoffen abzufinden und für ihre wirtschaftlichste Verwendung Sorge zu tragen. Auch dort finden wir die hohe Bedeutung der Fragen der Kohlenbeschaffung, für die auch der Ankauf von Kohlengruben in Erwägung gezogen wird[2]), des Kohlentransportes[3]), der wirtschaftlichen Verbrennung der verfügbaren Brennstoffe, ev. unter Änderung der vorhandenen Rostanlagen und Verbrennungsluftzu- bzw. Abführung[4]). Besonders die Verbrennung von minderwertigen Brennstoffen machte auch in Amerika Fortschritte, da zeitweilig nicht nur die Brennstoffförderung,

sondern auch der Brennstoffversand hinter den Anforderungen der Werke zurückblieb[5]). Dies führte, wie auch bei uns, dazu, daß man neben der Verfeuerung fester Brennstoffe auf Gas und Öl zurückgriff[6]). Hierbei spielt die Frage eine große Rolle, ob man den Betrieb so einrichten kann, daß sowohl mit dem üblichen Kohlenbrennstoff als auch mit Gas oder Brennöl gefahren werden kann. Sowohl der Betrieb mit Gas als auch der mit flüssigen Brennstoffen, seien es Rohöle als Rückstände der Petroleum-Industrie oder der Verkokung der Kohlen, sei es Teer, erfordert gewisse Vorsichtsmaßnahmen gegen die Beschädigung der Kessel durch örtliche Überhitzung und gegen Zerknallgefahr. Hierüber dürften im nächsten Berichtsjahre größere Erfahrungen vorliegen. Neben der Brennstoffbeschaffung und Verbrennung spielt die Reinigung des Kesselspeisewassers eine bedeutende Rolle in der Wirtschaftlichkeit des Kesselbetriebes. Die Kesselsteinbildung verschlechtert den Wärmewirkungsgrad der Kessel außerordentlich, und die Befreiung der Kessel vom Kesselstein erfordert unangenehme Stillegung und kostspielige Reinigung des Kessels, welch letztere häufig auch zu mechanischen Beschädigungen der Kesselwandungen führt. Hier störten im Kriege besonders der Mangel an Soda und sonstigen Chemikalien. Eine erhöhte Aufmerksamkeit mußte auch der Entölung des Kesselspeisewassers geschenkt werden. Alle Hilfsmaschinen, deren Abdampf ja mehr oder weniger zur Erwärmung des Kesselspeisewassers herangezogen wird, litten unter dem Mangel an gutem Schmieröl. Die Kondensatoranlagen, deren Umfang mit der Größe der Maschinenleistungen immer bedeutender wurden, litten unter der Ausführung in Sparstoffersatz. Zur Verhinderung elektrolytischer Anfressung werden elektrolytische Gegenmaßnahmen empfohlen, sei es in Gestalt von galvanischen Ketten oder von kleinen Motorgeneratoren, die Gegenströme von geeignet niederer Spannung und hoher Stromstärke abgeben können[7]). In der ganzen Welt drängen die Verhältnisse immer mehr zum Bau von Großkraftwerken mit wenigen, sehr leistungsfähigen Maschineneinheiten, die besonders in Amerika mit Vorliebe so ausgeführt werden, daß jede Maschine zusammen mit ihren Hilfsmaschinen und zugehörigen Kesseln gleichsam eine geschlossene Kraftwerkseinheit darstellt. Im Gegensatz zu Amerika, wo man auch bemüht ist, die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage durch Steigerung des verwendeten Dampfdruckes zu erhöhen[8]), hält man in Deutschland eine übermäßige Steigerung des Dampfdruckes zur Zeit noch nicht für vorteilhaft. Anderseits wurden die zur Zeit größten Dampfturbinen der Welt, die von der AEG für das Goldenbergkraftwerk der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke ausgeführten 60000-kVA-Dampfturbinen, als eine geschlossene Maschine ausgeführt, während die Amerikaner Größtdampfturbinen angenähert gleicher Leistung in zwei oder drei Maschineneinheiten zu unterteilen pflegen, wobei die Hochdruckdampfturbine mit ihrem direkt gekuppelten Generator unmittelbar neben der Niederdruckdampfturbine mit ihrem direkt gekuppelten Generator aufgebaut und letztere so ausgeführt wird, daß sie erforderlichenfalls auch mit Hochdruckdampf betrieben werden kann. Die Unterteilung erfordert sicherlich mehr Grundfläche, dürfte aber anderseits gewisse betriebstechnische Annehmlichkeiten bieten. Die Westinghouse-Gesellschaft garantiert für eine derartige Turbine für 50000 kW, die mit 22 Atm. Dampfdruck betrieben wird, einen thermischen Wirkungsgrad von 26,5%[9]). Von allergrößter Bedeutung für derartige Großkraftwerke ist naturgemäß die Art der Belastung und der günstigsten Ausnutzung dieser Großmaschineneinheiten. Über diesbezügliche amerikanische Verhältnisse berichtet Samuel Insull[10]), der Präsident des größten mit Dampfkraft betriebenen amerikanischen Elektrizitätslieferungs-Unternehmens, der Chicago Commonwealth Edison Electric Co. Er schätzt z. B. die Ersparnisse an Anlagekosten für Groß-New York durch Zusammenschluß der verschiedenen Kraftwerke für die allgemeine Licht- und Kraft-, sowie Bahnversorgung auf ca. 80 Mill. M und an Betriebskosten auf etwa 4 Mill. M und Jahr. Über den Einfluß der Belastungscharakteristik von Überlandkraftwerken auf den Dampfverbrauch der Turbogeneratoren berichtet Karl Loß[11]) und

weist auf den ungünstigen Dampfverbrauch rein landwirtschaftlicher Versorgungsgebiete gegenüber denjenigen von Kraftwerken hin, die Gebiete mit Mittel- bzw. Großindustrie speisen. Auch hier wird Zusammenschluß von Werken verschiedener Belastungscharakteristik bzw. Gewinnung von Großabnehmern el. Arbeit empfohlen zur Verbesserung der Belastungsverhältnisse der Dampfturbine, zur Ausnutzung ihres besten Wirkungsgrades und Erzielung erheblicher Brennstoffersparnisse. Ein weiteres Mittel zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Kraftwerke ist das Heranziehen zur Lieferung von Heizdampf an die benachbarte Industrie-, auch an Wohnviertel, das sich in Amerika bereits ziemlicher Beliebtheit erfreut[12]. In Deutschland findet die Anzapf- und Abdampfturbine ebenfalls in Gruben und Hüttenwerken sowie in der Spezialindustrie, z. B. Textil-, Brauerei-, Brennerei-, chemischen Industrie, steigende Verbreitung. Auch in Großgasmotoranlagen und bei Verwendung von Dieselmotoren wird die Abwärme der Kühlwasser und Auspuffgase mehr und mehr wirtschaftlich ausgenutzt.

Ein neues Anwendungsgebiet der Abwärmeverwertung ist, neben den bekannteren wie Vereinigung mit Badeanstalten, Kunsteisfabriken, Müllverbrennungsanlagen u. dgl., die Angliederung von Nahrungsmittel-Trocknungsanlagen an die Elektrizitätswerke, und zwar unter Verwendung der Kühlluft, die nach dem Durchströmen der Turbogeneratoren über zweckentsprechend gebaute Horden geleitet wird[13].

Das ganze Bestreben des neuzeitlichen Kraftwerkes ist notwendigerweise darauf gerichtet, durch zweckentsprechende Baulichkeit die Handhabung der Brennstoffe und ihrer Verbrennungsrückstände zu vereinfachen, durch geeignete Hebe- und Transportzeuge, sowie Brennstoff-Zerkleinerungsanlagen die Zahl der erforderlichen Arbeiter so gering wie möglich zu halten, wobei der Krieg gelehrt hat, daß die Anlagen nicht zu einseitig auf eine besondere Brennstoffart abgestellt sein dürfen.

[1] Klein, El. Kraftbetr., S 113. — [2] El. World Bd 71, S 500. — [3] W. B. Woodhouse, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 162. — [4] A. L. L. Barnes, El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 585. — El. World Bd 70, S 1242. — D. Wilson, Electr. (Ldn) Bd 8 , S 169. — [5] El. World Bd 70, S 848, 869. — [6] Electr. (Ldn.) Bd 80, S 574. — El. World Bd 70, S 1197; Bd 71, S 711. — [7] Electr. (Ldn.) Bd 81, S 172, 419. — [8] El. World Bd 70, S 1090. — Electr. (Ldn.) Bd 81, S 330. — [9] El. Kraftbetr., S 12, 13. — El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 388. — [10] Samuel Insull, El. Kraftbetr., S 13. — [11] Karl Loß, El. Kraftbetr., S 169. — [12] El. World Bd 72, S 644. — [13] Maier u. Sohler, El. Kraftbetr. S 99.

Ausgeführte Anlagen.

Von Dr. Bruno Thierbach.

Die in dem letzten Jahrbuch angeführten Gründe für die lückenhafte Berichterstattung über größere ausgeführte Anlagen haben leider auch für das Berichtsjahr volle Geltung.

Für **Deutschland** liegen erwähnenswerte Besprechungen über folgende Anlagen vor: Kraftübertragung mit 110000 V von Bitterfeld nach Berlin. Am 21. 6. 18 wurde mit der Lieferung el. Arbeit vom Großkraftwerk Golpa-Zschornewitz nach Groß-Berlin begonnen. Es werden durch die Leitung, die aus 3 Aluminiumseilen von je 120 mm² besteht und auf eisernen Masten an Hänge- und Abspannisolatoren der Hewlettform verlegt ist, 20000 kW auf eine Entfernung von 132 km übertragen. Durch die el. Kraftübertragung wird die Kohlenzufuhr nach Berlin um täglich 300 bis 400 t Steinkohle entlastet. An der Ausführung waren neben einer Anzahl von Unterlieferanten besonders beteiligt: die AEG bei der Herstellung der Fernleitung, der Transformatoren und Schaltanlagen in Zschornewitz und die SSW beim Bau der Transformatoren und Schaltanlagen in Berlin[1]. — Das Revier-Wasserkraft-Elektrizitätswerk Freiberg i. Sa.[2], die Entwicklung der Hamburger Elektrizitätswerke[3] und das

Bayernwerkprojekt[4]). Das von der bayerischen Regierung den Kammern vorgelegte Projekt über die Verwertung der Walchenseekraft durch Gründung einer gemischtwirtschaftlichen Stromverteilungsgesellschaft wurde am 21. 6. und 27. 7. 18 einstimmig genehmigt. Mit dem Ausbau des Leitungsnetzes soll sofort nach Friedensschluß begonnen werden. Im einzelnen werden besprochen: Der allgemeine Bauplan unter Angabe der vier vorgesehenen Ausbaustufen, die Finanzierung des Unternehmens und die Wirtschaftlichkeit des Bayernwerkes.

Europäisches Ausland. Die Innsbrucker Elektrizitätswerke[5]), die elektrischen Krafterzeugungs- und Verteilungsanlagen des schwedischen Staates[6]) und die neue Wasserkraftanlage am Vammafall[7]). — H. A. v. Ysselsteyn bespricht die Elektrizitätsversorgung in den Niederlanden[8]). — Die Stadt Stavanger in Norwegen hat mit dem A./S. Flörli Elektrosmeltewerk bei Hysefjord einen Vertrag auf Lieferung von 4000 kVA, später 11000 kVA abgeschlossen. In einer 26,5 km langen Fernleitung für 55000 V wird die Leitung von Flörli nach Oltesvik übertragen; bei Oltesvik wird sie mit 1382 m Spannweite über den Hölefjord geführt[9]). — Aus der Schweiz liegt eine Beschreibung des Wasserkraft-Elektrizitätswerkes Mühleberg vor[10]).

Außereuropäisches Ausland. Aus Amerika kamen Berichte über einige durch ihre Größe erwähnenswerte Anlagen, so über die Anlage der Buffalo-Steamstation (210000 kW)[11]), die Station zu New Bedford (250000 kW)[12]), über ein Riesenwerk an der Minemündung[13]) und über ein Werk, das mit 6 Aggregaten 165000 kW erzeugt[14]). — Eine Reihe von Aufsätzen bespricht ausführlich das elektrische Kraftwerk in Buenos Aires[15]). Kurze Beschreibungen sind der automatischen hydroelektrischen Anlage der Jowa Railway and Light Co.[16]), dem Boquilla-Wasserwerk in Mexiko[17]) und der Entwicklung der Anlagen an den Hiramfällen[16]) gewidmet.

[1]) ETZ S 307. — Mitt. Ver. EW S 251. — [2]) Sessinghaus, El. Masch.-Bau S 168. — [3]) Bannwarth, El. Masch.-Bau S 108. — [4]) C. Zell, ETZ S 361. — [5]) H. v. Hellrigl, El. Masch.-Bau Anz. S 141, 145. — [6]) Hausmann, ETZ S 425. — [7]) Hausmann, El. Masch.-Bau S 46. — [8]) H. A. van Ysselsteyn, El. Masch.-Bau S 157. — [9]) ETZ S 169. — [10]) El. Masch.-Bau S 516. — Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 65, 75. — [11]) El. World Bd 69, S 308. — [12]) El. World Bd 71, S 396, 771. — [13]) El. World Bd 71, S 344. — [14]) El. World Bd 71, S 928. — [15]) Engineering Bd 105, S 4, 60, 141, 221, 301. — [16]) L. B. Bonnett, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 785. — [17]) Engineering Bd 106, S 93. — [18]) El. World Bd 70, S 658.

V. Elektrische Beleuchtung.

Von Dr.-Ing. N. A. Halbertsma.

Beleuchtungsanlagen.

Allgemeines. Auf der 4. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft am 15. Sept. 1917 in Charlottenburg[1]) erstattete Lux einen Bericht über Entstehung, Organisation und Programm der Kommission IV für praktische Beleuchtungsfragen. Als erste Arbeit hat diese Kommission die Ausarbeitung von Leitsätzen in Angriff genommen, die zunächst für den Lichttechniker gedacht, später auch den Architekten zur Beachtung empfohlen werden sollen. Bloch referierte über die einheitliche Kennzeichnung der Lichtquellen, Halbertsma über die Streuung des Lichtes (JB 1917, S 81). — Im Jahre 1918 fand eine Mitgliederversammlung der D. B. G. statt mit Vorträgen von Reichenbach (s. unten) und Gerhardt (die kurvenmäßige Darstellung der Lichtverteilung) sowie die 5. Jahresversammlung am 21. Sept. mit einem Vortrag von Lux über „Das Beleuchtungswesen in der Architektur" und einem Vortrag von Bahr „Über Lumineszenzerscheinungen mit besonderer Berücksichtigung der radioaktiven Leuchtfarben". Die von L. Gaster herausgegebene Zeitschrift „Illuminating Engineer" (London), das Organ der Englischen Beleuch-

tungstechnischen Gesellschaft, beendete ihren zehnten Jahrgang. Aus diesem Anlaß gab Gaster einen Überblick über die rasche Entwicklung der Lichttechnik in den letzten zehn Jahren[2]).

Physiologisches. In einem Vortrag vor der D. B. G. schilderte der Göttinger Hygieniker Reichenbach[3]) die Beziehungen der Beleuchtungstechnik zur Hygiene. Es handelt sich vor allem um die zum guten Sehen erforderliche Beleuchtungsstärke, um die Flächenhelle, die das Auge ertragen kann, ohne geblendet zu werden, und um den Einfluß der Farbe des Lichtes auf die Sehschärfe. Reichenbach warnt hierbei vor Überschätzung des Vorteils größerer Sehschärfe bei einfarbigem Licht. Dieser Überblick über den bisherigen Stand der Beleuchtungshygiene soll vor allem zur weiteren Forschung auf einem Gebiet anregen, das noch gründlicher Bearbeitung bedarf. — Simons[4]) veröffentlichte eine eingehende Untersuchung über das Flackern des Lichtes in el. Beleuchtungsanlagen. Die Frage hat neben physiologischem auch praktisches Interesse, weil u. U. das Flimmern des Lichtes die Beleuchtungsanlage unbrauchbar machen kann. Man denke z. B. an Wechselstrombahnen mit niedriger Periodenzahl. Simons fand das Gesetz bestätigt, wonach die kritische Geschwindigkeit, bei der das Flimmern verschwindet, in weiten Grenzen (0,0001 bis 0,1 HK/cm^2) der Flächenhelle proportional ist. Das Flimmern hängt nicht nur von den Spannungsschwankungen im Netze ab, sondern auch von der Wärmekapazität des Leuchtkörpers. Lampen von 220 V flimmern mehr als solche von niedrigeren Spannungen, Metallfadenlampen weit mehr als Kohlenfadenlampen. Die Gasfüllungslampe liegt dazwischen. Simons beschreibt auch ein Oszillometer, um die Periodenzahl des Flimmerns zu messen. — Seit einigen Jahren veröffentlicht Ferree die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Ermüdung des Auges. Die neueste, von ihm und G. Rand herrührende Arbeit[5]) behandelt die Blendung des Auges durch undurchsichtige Reflektoren aus Metall, wenn deren Öffnung sichtbar ist. Infolge der starken Beleuchtung (unmittelbare Nähe der Lichtquelle) besitzt die Innenwand der meisten Reflektoren einen sehr großen Glanz, so daß trotz sonstiger vollständiger Abblendung der Lampe das Auge ermüdet. — Bayliss[6]) behandelte in einem Vortrag vor der Englischen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft die Physiologie der Netzhaut in ihren Beziehungen zu Fragen der neueren Lichttechnik. Die Theorien des Sehvorganges bespricht Bayliss unter besonderer Berücksichtigung photoelektrischer Erscheinungen in der Netzhaut. Als zulässigen Höchstwert des Kontrastes, um Blendung zu vermeiden, wird das Verhältnis 100 : 1 angenommen.

Die von Nutting angegebene Anordnung eines von vorn beleuchteten mattweißen Schirmes mit Ausschnitt und eines von hinten beleuchteten Milchglasfensters (3 cm × 3 cm) verwendet Blanchard[7]) zu einer Untersuchung der Empfindlichkeit des Auges. Er unterscheidet die Empfindlichkeit für geringe Lichtmengen (Schwellenwert), die Empfindlichkeit für Kontraste und die Blendungsempfindlichkeit. Die Versuche liefern erneut einen Beweis für die außerordentliche Anpassungsfähigkeit des menschlichen Auges.

Versuche, die Hayden und Steinmetz[7a]) mit Pflanzen anstellten, zeigten zwar, daß deren Wachstum durch sehr starke künstliche Beleuchtung (mittels Gasfüllungslampen) wesentlich gefördert werden konnte, doch ist der Verbrauch an el. Energie hierbei so groß, daß das Verfahren höchstens für solche Pflanzen und Blumen in Frage kommt, die durch frühe Blüte oder Reife einen hohen Marktwert erhalten.

Berechnung der Beleuchtung. Die einfache „Wirkungsgradmethode“ zur überschläglichen Vorausberechnung von Beleuchtungsanlagen findet immer mehr Beachtung. Der von den Lampen zu erzeugende Lichtstrom ist $\Phi = E \cdot F/\eta$, wobei E die mittlere Beleuchtung in Lux, F die beleuchtete Bodenfläche in m^2 und η der Wirkungsgrad oder Ausnutzungsfaktor des Lichtstroms. — W. Harrison[8]) gibt eine ausführliche Tabelle, der man den Wirkungsgrad für die verschiedensten Verhältnisse entnehmen kann. Die Lichtverteilung der Beleuchtungskörper, die Farbe der Decke und der Wände und die Abmessungen der

Räume werden hierbei berücksichtigt. Daß die Aufhängehöhe der Lichtquellen bei der Wirkungsgradmethode nur eine untergeordnete Rolle spielt, zeigt Halbertsma[9]) an einigen Beispielen für direkte, indirekte und halbindirekte Beleuchtung. — Der einfache Bau der obenerwähnten Gleichung legt auch die Anwendung von graphischen Verfahren zur Bestimmung des Lichtstroms Φ für die verschiedenen Werte von E, F und η nahe (Dickinson)[10]).

Teichmüller[11]) liefert, veranlaßt durch die Verwendung der Wirkungsgradmethode in der Praxis, einige theoretische Betrachtungen über den Begriff des Lichtstrom-Wirkungsgrades bei der Beleuchtung eines allseitig geschlossenen Raumes. Durch Berücksichtigung des reflektierten Lichtes erläutert Teichmüller den paradoxen Fall, daß auf die Bodenfläche eines Raumes ein größerer Lichtstrom auftreffen kann, als von den Lichtquellen erzeugt wird. Über seine Lichtstromkugel, ein Hilfsmittel für die Berechnung von Beleuchtungsstärken, wird an anderer Stelle (S. 179) berichtet.

Innenbeleuchtung. In einem zweiten Vortrag (JB 1917, S 75) über „Das Beleuchtungswesen in der Architektur" behandelt Lux[12]) die Vorausberechnung der Innenbeleuchtung unter besonderer Berücksichtigung der auch für Laien verwendbaren Wirkungsgradmethode. Die Beleuchtung durch Tageslicht wird, von den Arbeiten L. Webers und seiner Schüler ausgehend, besprochen und auf den Vorteil von Modellen hingewiesen.

In Amerika werden große Räume indirekt beleuchtet durch Reflektoren, die nicht aufgehängt sind, sondern von Ständern getragen werden[13]).

Fabrikbeleuchtung. In dem Buch „Fabrikbeleuchtung"[14]) behandelt Halbertsma die Beleuchtung von Arbeitsstätten als reine „Zweckbeleuchtung". Neben einigen Kapiteln allgemeinen Inhalts (Lichtquellen, Zubehörteile, photometrische Größen) werden die verschiedenartigen Aufgaben der Fabrikbeleuchtung, unter Berücksichtigung der Beleuchtungsstärke, der Schatten, der Blendung, der Spiegelung usw. besprochen. Den Elektrotechniker dürfte u. a. die eingehende Behandlung der Beleuchtung von Schalttafeln und Meßinstrumenten interessieren.

Eine Übersetzung der wichtigeren Teile der englischen Denkschrift über Fabrikbeleuchtung (First report of the Departmental Committee on lighting of factories and workshops) ist erschienen[15]). — Clewell berichtet über die neueste Fassung der amerikanischen Vorschriften für Fabrikbeleuchtung (Code of factory lighting)[16]) und über die lichttechnische Ausbildung von Fabrikinspektoren, damit diese die Befolgung der Vorschriften auch erzwingen können[17]). — Luckiesh[18]) gibt eine Anzahl Beispiele für die Verwendung künstlichen Tageslichtes in Fabrikbetrieben.

Die in einem Aufsatz von Irresberger[19]) über „Anordnung und Verteilung der el. Beleuchtung in großen Gießereihallen" vorkommenden Ungenauigkeiten der lichttechnischen Ausdrucksweise und Fehler der Berechnung veranlaßten Teichmüller[20]) zur Richtigstellung in Form einer Aufsatzreihe über die Beleuchtung von Gießereien. Abgesehen von den Teilen, die sich mit den Sonderfragen des Gießereibetriebes befassen, ist diese Arbeit eine kurze und doch genaue Einführung in die wichtigeren Grundlagen der Lichttechnik, deren Lektüre jedem Techniker zum Nutzen gereichen kann, um so mehr, als sie frei ist von veralteten Darstellungen und überflüssigem Ballast.

Nach Hexamer[21]) kann der Schiffbau wesentlich beschleunigt werden durch geeignete künstliche Beleuchtung. Glühlampenscheinwerfer haben sich für die Beleuchtung der Schiffe auf den Hellingen bewährt. Tuck[22]) erläutert an Beispielen die Wichtigkeit der zweckmäßigen Wahl der Beleuchtungskörper in Fabriken.

Magdsick[23]) und Tuck[24]) beschreiben die moderne „Schutz"-Beleuchtung, welche vorwiegend mittels Glühlampenscheinwerfer ausgeführt wird. Sie soll industrielle und andere wichtige Anlagen gegen die im Kriege befürchtete Sabotage und ähnliche Beschädigungen schützen.

Durgin[25]) berichtet über Versuche, welche die Edison-Company in Chicago vorgenommen hat, um den Einfluß der Beschaffenheit der Beleuchtung auf die Produktion der Fabrikbetriebe zu ermitteln. In 11 Unternehmungen wurde folgender Plan durchgeführt: Einen Monat hindurch wurde die Leistung bei der meist recht veralteten Beleuchtung beobachtet, dann wurde mit einfachen Mitteln eine zweckmäßige Beleuchtung durchgeführt, die 50% stärker war als die Höchstwerte in den amerikanischen J. E. S.-Vorschriften. Im dritten Monat wurde die Beleuchtung auf die in den Vorschriften gegebenen Mindestwerte beschränkt, um im vierten Monat wieder auf die höheren Werte des zweiten Monats gebracht zu werden. Mehrere Betriebe waren nach Ablauf des zweiten Monats von dem wirtschaftlichen Vorteil der stärkeren Beleuchtung so überzeugt, daß sie in die für den dritten Monat vorgesehene Rückkehr zur niedrigeren Beleuchtungsstärke nicht einwilligen wollten. Die Mehrleistung schwankte zwischen 8 und 27%; in einem Falle, wo die sehr mäßige Beleuchtung auf den 25fachen Betrag gebracht wurde, betrug die Mehrleistung 30 bis 100%.

Schulbeleuchtung. Nach dem Beispiel des oben erwähnten »Code of factory lighting" hat die amerikanische Illuminating Engineering Society jetzt auch einen „Code of school lighting"[26]) herausgegeben, der eingehende Vorschriften für die Beleuchtung von Schulräumen enthält, sowie Beispiele guter und schlechter Anlagen und Winke für die Projektierung und Berechnung der Schulbeleuchtung. — Buchwald[27]) berichtet über die vorbereitenden Versuche und die Ausführung der Beleuchtung in der Aula Leopoldina in Dresden.

Straßenbeleuchtung. Eine Aufsatzreihe von Cravath behandelt die Straßenbeleuchtung kleiner Städte[28]), die Straßenbeleuchtung in Wohnvierteln[29]) und in Geschäftsvierteln[30]). Treanor[31]) berichtet über die in Amerika beliebte Straßenbeleuchtung mit Wolframlampen in Reihenschaltung, Reeves[32]) über die Fernschaltung von Straßenlampen ohne besondere Schaltleitung durch Gleichstromstöße. — Für die besondere Sorgfalt, die in Amerika auf die Konstruktion von Straßenlaternen für Gasfüllungslampen verwandt wird, ist die von W. Harrison[33]) beschriebene Armatur mit „refractor" (prismatischer Glocke) und lichtstreuender Glocke bezeichnend.

Zu den Aufgaben der Straßen- und Platzbeleuchtung ist auch die von Murphy[34]) beschriebene Beleuchtung eines Turnplatzes zu rechnen.

Eisenbahnbeleuchtung. Walker[35]) berichtet über einen Motorgenerator der Gen. El. Co., der die Wagenbeleuchtung weitgehend unabhängig macht von der Fahrdrahtspannung und von kurzen Kontaktunterbrechungen am Stromabnehmer. Fahrdrahtspannungen von 300 bis 800 V entsprechen Umformerspannungen von 30 bis 34 V. — Weiter werden die Zugbeleuchtung der Maschinenfabrik Oerlikon[36]), sowie der Brown-Boverische Schnellregler für Zugbeleuchtung[37]) beschrieben.

Grempe[38]) bespricht die Stellwerkbeleuchtung nach Besser.

Scheinwerfer und Projektion. Infolge des Kriegszustandes sind Abhandlungen über Scheinwerfer nahezu ganz aus der Fachzeitschriftenliteratur verschwunden. In Amerika berichtete Auerbacher[39]) über die Entwicklung der Scheinwerfer von Beck und Sperry; Hibben[40]) über die Prüfung von Kriegsscheinwerfern.

Bellini[41]) kühlt, im Gegensatz zu Beck und Sperry, bei seiner Scheinwerferbogenlampe die positive verkupferte Kohle durch einen Luftstrom. Die Lichtbogenspannung geht hierbei von 70 V auf 50 V hinunter.

Glühlampenscheinwerfer finden in Amerika nicht nur Verwendung für die obenerwähnte Schutzbeleuchtung sondern auch für die Außenbeleuchtung von Gebäuden, Türmen, Monumenten usw. Butler[42]) gibt einige Kurven, aus denen man Zahl, Größe und Streuung der Scheinwerfer je nach dem Verwendungszweck bestimmen kann. Für dunkle Bauten werden bis zu 240 Lux vorgesehen. Der Lumenwirkungsgrad der Scheinwerfer liegt zwischen 20 und 50%, 35% scheint der Durchschnitt zu sein.

Die Verwendung von Metallfadenlampen (Gasfüllungslampen) für Projektionszwecke gewann in den Ver. St. an Ausdehnung. Für die Kinoprojektion, die besondere Anforderungen an die Lichtquelle stellt, ist dort eine eigenartige Ausführungsform der Gasfüllungslampe entstanden. Burrows und Caldwell[43]) beschreiben diese Lampen für 25 V und 20 A, die zweckmäßig mittels Transformatoren an Wechselstromnetze angeschlossen werden. War bis jetzt bei der Verwendung von Bogenlampen der Gleichstrom unbedingt überlegen, so hat sich die Lage nach Einführung der Projektionsglühlampen zugunsten des Wechselstroms geändert. — Porter[44]) beschreibt ebenfalls diese neuen Gasfüllungslampen und die hierzu gehörenden optischen Bestandteile des Kinoapparates, u. a. einen Kondensor nach Art der Fresnelschen Linsen mit sehr geringer Brennweite. — Mc Omber[45]) stellt die Erfordernisse an eine gute Kinobeleuchtung zusammen. — Molly[46]) beschreibt eine Anzahl verschiedener Ausführungen von el. Kinoapparaten und Zubehörteilen, Grempe[47]) eine leicht transportable Kinoeinrichtung, die im Kriege hinter der Front Verwendung fand. Der Antrieb der Dynamo erfolgt von dem Hinterrad des Automobiles aus.

Verschiedenes. Gerhardt[48]) fand, daß man die Gasfüllungslampe vielfach mit gutem Erfolg als Aufnahmelampe für photographische Zwecke verwenden kann, besonders wenn die Lampe während der Belichtung vorübergehend mit 15% Überspannung gebrannt wird. — Immerschitt[49]) gibt eine kleine Übersicht über verschiedene Bauarten leuchtender Springbrunnen.

[1]) ETZ S 196, 207. — [2]) L. Gaster, Ill. Eng. (Ldn.) S 6. — Electr. (Ldn.) Bd 80, S 609. — [3]) Reichenbach, Z. Beleucht. S 41, 51. — [4]) Simons, ETZ S 453. — [5]) C. E. Feree u. G. Rand, Trans. Ill. Eng. Soc. 1917, S 464. — El. World Bd 70, S 1059. — [6]) W. M. Bayliss, Ill. Eng. (Ldn.) S 104. — Electr. (Ldn.) Bd 81, S 10. — [7]) J. Blanchard, Phys. Rev. S 81. — Rev. Gén. El. Bd 4, S 217. — [7a]) J. R. L. Hayden u. C. P. Steinmetz, Gen. El. Rev. S 232. — El. Masch.-Bau, S 374. — [8]) Harrison, Gen. El. Rev. S 419. — [9]) N. A. Halbertsma, Z. Beleucht. S 59. — Helios Fachz. S 240. — [10]) N. S. Dickinson, El. World Bd 72, S 307. — [11]) J. Teichmüller, Z. Beleucht. S 61. — [12]) Lux, Z. Beleucht. S 94. — [13]) El. World Bd 70, S 962. — [14]) München und Berlin, R. Oldenbourg. — [15]) Z. Beleucht. S 1, 21. — ETZ S 58. — [16]) C. E. Clewell, El. World Bd 71, S 607, 665. — ETZ 1919, S 40. — [17]) C. E. Clewell, El. World Bd 72, S 11. — [18]) M. Luckiesh, El. World Bd 72, S 596. — [19]) Irresberger, Gießerei-Zeitung S 121. — [20]) Teichmüller, Gießerei-Zeitung S 329, 345, 377. — [21]) W. G. Hexamer, El. World Bd 71, S 96. — [22]) D. H. Tuck, El. World Bd 71, S 195; Bd 72, S 552. — [23]) H. H. Magdsick, El. World Bd 71, S 1268. — [24]) D. H. Tuck, El. World Bd 71, S 1137. — [25]) Durgin, Trans. Ill. Eng. Soc. S 417. — [26]) Trans. Ill. Eng. Soc. S 187. — El. World Bd 70, S 1155. — Licht u. Lampe S 141. — [27]) Buchwald, Zentrbl. Bauverw. S 300. — [28]) J. R. Cravath, El. World Bd 70, S 414. — [29]) J. R. Cravath, El. World Bd 70, S 611. — [30]) J. R. Cravath, El. World Bd 70, S 664. — [31]) E. D. Treanor, Gen. El. Rev. 1917, Nr. 12. — El. Masch.-Bau S 308. — [32]) H. H. Reeves, El. Masch.-Bau S 294. — [33]) W. Harrison, Trans. Ill. Eng. Soc. 1917, S 305. — El. World Bd 70, S 1109. — [34]) F. H. Murphy, El. World Bd 70, S 1200. — [35]) W. J. Walker, Gen. El. Rev. S 124. — El. Masch.-Bau S 363. — [36]) ETZ S 437. — [37]) J. Schmidt, Z. Beleucht. S 36, 63. — [38]) Grempe, El. Anz. S 59, 63. — [39]) L. J. Auerbacher, El. World Bd 71, S 1319. — [40]) S. G. Hibben, El. World Bd 70, S 419. — [41]) V. Bellini, Rev. Gén. El. Bd 4, S 852. — [42]) Butler, Gén. El. Rev. S 633. — [43]) R. P. Burrows u. J. T. Caldwell, El. World Bd 71, S 766. — [44]) L. C. Porter, Gen. El. Rev. 1917, S 979. — El. Masch.-Bau S 234. — [45]) L. W. Mc Omber, El. World Bd 71, S 122. — [46]) A. Molly, Helios Fachz. S 169, 177, 188. — [47]) P. M. Grempe, Helios Fachz., S 371. — [48]) O. Gerhardt, Mitt. AEG S 55. — [49]) Immerschitt, Helios Fachz. S 81.

Lampen und Zubehör.

Allgemeines. Von Conrad[1]) liegt eine Breslauer Dissertation über die Strahlungseigenschaften verschiedener Lichtquellen vor. Er verwendet ein Flüssigkeitsfilter, dessen Durchlässigkeit ungefähr mit der Sehfähigkeitskurve übereinstimmt. Aus den Messungen der Strahlungsenergie mit und ohne Filter bestimmt er die photometrische Ökonomie P als Verhältnis der Flächenhelle zur gesamten Energiestrahlung. So erhält Conrad für eine graphitierte Kohlenfadenlampe von 2,26 W/HK_{hor} $P = 0{,}62\%$; für eine Wolframlampe von ca. 1,0 W/HK_{hor} $P = 1{,}68\%$; für eine Quecksilber-Quarzlampe von 0,28 W/HK_{hor} $P = 19{,}7\%$.

H. Kohn[2]) führte eine neue Bestimmung der Lichtstärke des schwarzen Körpers aus. Die gefundenen Werte sind etwa 6% größer als die von Lummer und Pringsheim ermittelten, sie leiden ebenfalls unter der Unsicherheit in bezug auf den Wert der Wienschen Konstante C_2, die für die Bestimmung der Temperatur wichtig ist.

Lumineszenzlampen. Eine neue Quarzlampe von Wolfke[3]), die insbesondere für optische Versuche entworfen ist, besitzt ein ringförmig angeordnetes Leuchtrohr. Die beiden Elektrodenenden sind ineinander eingeschmolzen. — Eine selbsttätige Zündung von Quecksilberdampflampen erzielt Wolf-Burckhardt[4]) durch einen elektromagnetisch bewegten Tauchkolben.

Neue Edelgaslampen wurden von Schröter[5]) sowie von Skaupy[6]) hergestellt. Eine Füllung mit Neon liefert z. B. rötliches Licht, welches für Reklamezwecke geeignet ist. Die erforderliche Spannung ist (auch bei der Verwendung von Argon) nur 110—220 V, im Gegensatz zur Hochspannung des Moorelichtes. Wolfke[7]) veröffentlicht eine Studie über die Ökonomie des Moorelichtes.

Zu den Lumineszenzlichtquellen müssen wir auch die radioaktiven Leuchtfarben rechnen, über die Bahr[8]) einen Vortrag in der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft hielt. Er ging hierbei insbesondere ein auf die Lebensdauer dieser Leuchtfarben, auf ihre Prüfung und auf die Art des Auftragens, die erforderlich ist, um die günstigste Wirkung zu erzielen.

Wolframbogenlampen. Die schon früher beschriebene Wolframlampe von Gimingham und Mullard[9]) (JB 1916, S 90) wird neuerdings auch in einer größeren Ausführung bis zu 1000 HK geliefert. Die Kurven der Spannung, Lichtstärke und des spez. Verbrauchs in Abhängigkeit von der Stromstärke zeigen den typischen Verlauf der Lichtbogencharakteristiken. — Nachdem in den letzten Jahren die Wolframbogenlampe in den Kreis der praktisch verwendbaren Lichtquellen getreten ist, wird die zusammenfassende Arbeit von O. Kruh[10]) über den Wolframbogen besonderes Interesse beanspruchen. Die Zündung durch Kontakt hat sich nicht bewährt, weil die Wolframelektroden leicht zusammenschweißen. Deshalb ist die Zündung durch Ionisation vorzuziehen. Bei hohen Spannungen genügt eine glühende Wolframspirale, bei niedrigen Spannungen werden Oxyde von Erdalkalimetallen aufgetragen. Der Wolframbogen zeigt bei Wechselstrom Gleichrichtereigenschaften. Zum Schluß skizziert Kruh die Berechnung von Wolframbogenlampen.

Wolframglühlampen. Ely[11]) beschreibt die Herstellung und Untersuchung von Leuchtfäden aus Kristalldraht (JB 1917, S 79). — Die Ver. EW hat durch ihren Lichtnormalien-Ausschuß Bestimmungen über die Beschaffenheit und Abnahme von Wolframglühlampen[12]) ausarbeiten lassen, die allerdings erst nach Kriegsende in Kraft treten sollen. Die Bezeichnung aller Lampen, nicht nur der Gasfüllungs- sondern auch der Vakuumlampen, erfolgt nach dem Verbrauch. Die normalen mittleren räumlichen Lichtstärken hierzu werden in einer Tabelle angegeben, auf Verlangen des Abnehmers werden die Lampen mit den HK_O gestempelt. Andere leicht irreführende Lichtstärkeangaben werden nicht mehr verwandt.

Zu diesen Angaben kann man auch die „vertikale“ Lichtstärke rechnen, die von seiten einer Firma verwandt wird, um die Überlegenheit eines Gas-

glühlichtbrenners nachzuweisen. Bertelsmann[13]) mißbilligt dieses Vorgehen in einem Aufsatz: Zur Beurteilung der Beleuchtungswirkung künstlicher Lichtquellen.

Die Häufigkeit der Erneuerung von Glühlampen in Beleuchtungsanlagen behandelt Cooper[14]).

Glocken und Reflektoren. In einer größeren Arbeit über Streuung (Diffusion) des Lichtes und ihre Kennzeichnung untersucht Halbertsma[15]) die verschiedenen Vorschläge, die bis jetzt gemacht wurden, um die Streuung des Lichtes, sei sie vollkommen oder unvollkommen, durch Kurvengleichungen, Grenzwinkel, Verteilung der Flächenhelle usw. zu kennzeichnen. Er schlägt als „Streuvermögen" vor das Verhältnis des wirklich auftretenden zerstreuten Lichtstromes zu dem bei gleicher Flächenhelle und vollkommener Streuung theoretisch vorhandenen Lichtstrom ($\pi \cdot e$ Lm/cm²). Das Streuvermögen der praktisch benutzten Gläser liegt ungefähr zwischen 0,1 (mattiertes Glas) und 0,9 (Milchglas).

Die Änderung der Lichtverteilung durch Glocken und Reflektoren, die gewöhnlich durch Lichtverteilungskurven veranschaulicht wird, stellt Ondracek[16]) durch Fouriersche Reihen dar und ermittelt aus ihnen auf rein analytischem Wege die mittlere hemisphärische Lichtstärke und die auf einer bestimmten Fläche erzeugte mittlere Beleuchtungsstärke.

Eine weitere Arbeit Ondraceks[17]) bezieht sich auf Theorie und Berechnung des diffusen Reflektors. Die Ableitung einer Gleichung für die Lichtverteilung des diffusen Reflektors von beliebiger Form führt allerdings zur Funktion $J = J_{max} \cdot \cos \alpha$, jedoch ist diese Gleichung nur so lange gültig, als die ganze Reflektor-Innenfläche aus der Richtung des Winkels α sichtbar ist. Das bedeutet eine wesentliche Einschränkung der Ergebnisse, zu denen Ondracek gelangt.

H. T. Harrison[18]) behandelt die verschiedenen Wege zur Konzentrierung des Lichtstroms auf einen spitzen Lichtkegel unter besonderer Berücksichtigung der Scheinwerfer mit Glühlampen. Er zieht auch eine mit diesen Scheinwerfern zu erzeugende indirekte Beleuchtung in Betracht.

Infolge der Metallknappheit werden die Beleuchtungskörper zum Tragen der Glocken und Reflektoren auch aus Holz angefertigt[19]).

Hand- und Grubenlampen. Die beim Gebrauch von Handlampen immer wieder vorkommenden Unfälle veranlassen den Vorschlag Fuhrmanns[20]), Handlampen in Wechselstromnetzen nur noch mit Glühlampen für niedrige Spannungen zu verwenden, unter Zwischenschaltung eines Transformators mit getrennter Wicklung.

Unter der Bezeichnung „Magnetlampe" wird eine tragbare Lampe hergestellt, deren Stromquelle (Wechselstromdynamo mit sechspoligem rotierenden Stahlmagnet) man durch Ziehen an einer Kette in Bewegung bringen muß. Clark[21]) beschreibt eine Reihe el. Grubenlampen, die auf Grund einer amtlichen Prüfung in den Ver. St. zugelassen sind.

[1]) Fr. Conrad, Ann. Phys. R 4, Bd 54, S 357. — Z. Beleucht. S 34. — [2]) H. Kohn, Ann. Phys. R 4, Bd 53, S 520. — Z. Beleucht. S 8. — [3]) M. Wolfke, ETZ S 129. — [4]) Z. Beleucht. S 109. — [5]) Schröter, Z. Beleucht. S 87. — [6]) F. Skaupy, Helios Fachz. S 118. — [7]) M. Wolfke, Bull. Schweiz. EV S 129. — [8]) Bahr, Z. Beleucht. S 103. — [9]) E. A. Gimingham u. B. R. Mullard, J. Inst. El. Eng. Bd 54, S 15. — ETZ S 8. — [10]) O. Kruh, El. Masch.-Bau S 345. — [11]) O. Ely, Z. Ver. Dtsch. Ing. S 15. — [12]) Mitt. Ver. EW 1917, S 378. — Z. Beleucht. S 38. — [13]) W. Bertelsmann, Jl. Gas Wasser S 61. — [14]) M. D. Cooper, El. World Bd 71, S 93. — [15]) N. A. Halbertsma, El. Masch.-Bau S 225. — [16]) J. Ondracek, El. Masch.-Bau S 77. — [17]) J. Ondracek, El. Masch.-Bau S 477. — [18]) H. T. Harrison, Ill. Eng. (Ldn.) S 72. — Electr. (Ldn.) Bd 80, S 752. — [19]) W. Baumann, Mitt. AEG S 30. — [20]) W. Fuhrmann, El. Anz. S 371. — [21]) ETZ S 469.

VI. Elektrische Fahrzeuge und Kraftbetriebe.

Elektrische Voll- und Straßenbahnen. Von Prof. Dr. W. Kummer, Zürich. — Elektrische Bahnen und Fahrzeuge für besondere Zwecke. Von Ingenieur Max Schiemann, Wurzen. — Hebezeuge, Transport- und Verladevorrichtungen. Von Prof. Rudolf Krell, München. — Maschinenantrieb in Fabriken, Pumpen, Werkzeugmaschinen und elektrische Werkzeuge. Landwirtschaftlicher Betrieb. Von Prof. Dr.-Ing. Alexander Brückmann, Hannover.

Elektrische Voll- und Straßenbahnen.

Von Prof. Dr. W. Kummer.

Allgemeines. Von Veröffentlichungen, die unsere Kenntnis der fahrtechnischen Grundlagen der Zugförderung weiter gefördert haben, ist an erster Stelle eine Arbeit von J. Jahn[1]) zu erwähnen über die Beziehungen zwischen Rad und Schiene hinsichtlich des Kräftespiels und der Bewegungsverhältnisse, die erstmals brauchbare Zahlenangaben über den Gleitverlust geliefert hat, der am Radumfange eintritt, wenn die Kräfte an die Reibungsgrenze heranreichen. Daß diesem Gleitverlust bei el. Lokomotiven, für die die Möglichkeit stärkster Ausnutzung der Adhäsion auch tatsächlich verwertet wird, besondere Bedeutung beizumessen ist, wird in einer anschließenden Veröffentlichung von W. Kummer[2]) dargelegt und dabei der Zahlenwert des Wirkungsgrades des Radumfangs einer treibenden Fahrzeugsachse bei Berücksichtigung der vollständigen Drehmoment- und Geschwindigkeitsverluste rechnerisch festgestellt. — Die im praktischen Eisenbahnbetrieb, unter besonderer Berücksichtigung der elektrischen Zugförderung, auftretenden Bewegungswiderstände, die durch die variable Belastung der Fahrzeuge, sowie durch Wind und Wetter erheblich beeinflußt werden, sind durch Messungen im Betrieb der preußisch-hessischen Eisenbahnverwaltung, über die v. Glinski[3]) Mitteilungen bekanntgab, weiter aufgehellt worden. — Von H. H. Peter ist ein neues, vereinigtes Reibungs- und Zahnbahnsystem, gekennzeichnet durch eine Kletterzahnstange mit horizontalem Zahneingriff entworfen worden, das von S. Abt[4]) einläßlich beschrieben wurde. — Über die Korrosion durch Erdströme elektrischer Bahnen sind durch das Generalsekretariat des Schweiz. Elektr. Vereins[5]) reichhaltige Mitteilungen erfolgt. — Die Einwirkung der zur Zugförderung benutzten Starkströme, insbesondere Wechselströme, auf Schwachstrom-Leitungsanlagen ist durch H. S. Warren[6]) sowie auch durch J. Perret[7]) zur weiteren Erörterung gebracht worden. — Zur Vorausbestimmung der in Maschinen und Apparaten von Bahnanlagen auftretenden intermittierenden Erwärmung dient ein von G. Gut[8]) angegebenes graphisches Verfahren.

Elektrische Vollbahnen. Wie im Vorjahre dürfte der Behandlung des Problems der elektrischen Nutzbremsung auf Vollbahnen das Zeugnis besonderer Wichtigkeit unter den vorliegenden Fortschritten auszustellen sein. Als wichtigstes Resultat ist die von der Maschinenfabrik Oerlikon mitgeteilte einfache Schaltung zur Verwendung des normalen Einphasen-Serienmotors zur Nutzbremsung zu buchen; zunächst[9]) wurde die 1912 von A. Scherbius (ETZ 1912, S 1264) angegebene Aufteilung des Anker- und Feldmagnetstromkreises mittels eines Serientransformators in zwei transformatorisch verkettete Stromkreise dadurch erweitert, daß neben der Sekundärspannung dieses Serientransformators eine Zusatzspannung von der Periodenzahl des Netzes in den Feldmagnetstromkreis eingefügt wurde; diese Schaltung ist dann durch Ersatz des Serientransformators durch eine gewöhnliche Drosselspule in ihre einfachste endgültige Form gebracht worden, deren Beschaffenheit und Arbeits-

weise von Hs. Behn-Eschenburg[10]) eingehend geschildert worden ist. Hinsichtlich der Nutzbremsung mit Gleichstrom-Serienmotoren ist besonders auf eine Veröffentlichung von W. F. Coors[11]) hinzuweisen. Nachdem nun infolge der Fortschritte der Nutzbremsung mittels Gleichstroms und mittels Wechselstroms ein Urteil über die Energierückgewinnung unabhängig von der Wahl der Stromart der el. Zugförderung gefällt werden kann, hat W. Kummer[12]) eine Beurteilung der Nutzbremsung hinsichtlich der Jahreskosten der zur Zugförderung benötigten el. Energie durchgeführt, wobei sich für die im praktischen Betrieb bei veränderlichem Verkehr zu erwartenden Leistungsschwankungen bei größerem Verkehr stets ein wirtschaftlicher Erfolg der Rückgewinnung ergibt, der in stärkerem Maße beim Energiebezug aus Wärmekraftwerken auftritt, als beim Energiebezug aus Wasserkraftwerken. — Von grundsätzlicher Bedeutung dürften auch die Berechnungen und Betriebsresultate über störende Nebenbewegungen an el. Lokomotiven im Zusammenhange mit deren Triebwerksanordnungen sein, die P. Leboucher[13]) auf Grund der Untersuchung von sechs Probelokomotiven von gleichem Laufwerk und gleicher Leistung der französischen Chemins de fer du Midi bekanntgibt; nach dieser Untersuchung weisen Lokomotiven mit Kuppelstangen und Blindwellen bei wachsender Fahrgeschwindigkeit der Reihe nach hinsichtlich des Wankens, des Nickens, des Wogens, des Schlingerns und des Zuckens kritische Geschwindigkeiten auf, während Lokomotiven mit Dreieckrahmen und Gleitprismen nur für Nicken und Schlingern, Lokomotiven mit nur rotierenden Triebwerksteilen dagegen für gar keine dieser störenden Nebenbewegungen kritische Geschwindigkeiten besitzen. — Die derselben Bahnverwaltung angehörenden Ingenieure A. Causse und H. Goua[14]) bringen grundsätzliche Erörterungen über die Ausbildung hydraulischer „Spitzenkraftwerke", die den beim el. Bahnbetrieb auftretenden kurzzeitigen Belastungsspitzen mittels besonderer Speicherräume für das Betriebswasser gerecht werden sollen. Den im JB 1917 betrachteten automatischen Unterwerken für Bahnbetrieb sind in Amerika rasch die automatischen Primärkraftwerke gefolgt; eine erste Anlage dieser Art für die Iowa Railway & Light Co. beschreiben J. M. Drabelle und L. B. Bonnett[15]); vgl. S. 115. — Eine eigenartige Geschwindigkeitsregelung eines Bahnmotors für 450 kW für Einphasenstrom mittels einer durch Gleichstrom stark gesättigten Drosselspule im Nebenschluß zur Feldwicklung wird durch M. Osnos[16]) erörtert. — Zur rechnerischen Bestimmung des Einschaltstromstoßes von Transformatoren, der eine der berüchtigten Kinderkrankheiten der Einphasen-Zugförderung gebildet hat, sind von M. Vidmar[17]) zweckmäßige Näherungsformeln angegeben worden.

Vom Bau und Betrieb elektrischer Vollbahnen kommen auch für das Jahr 1918 wiederum die bedeutendsten Fortschrittsberichte aus den **Vereinigten Staaten von Amerika.** Vor allem ist es die Chicago, Milwaukee & St. Paul Ry., die im Vordergrund des Interesses steht; sie hat mehrere Lokomotiven nach zwei neuen Bauarten in Auftrag gegeben, nämlich einerseits Personenzugslokomotiven in 2C1 + 1C2-Bauart, geliefert von der Westinghouse Co., über die F. H. Shepard[18]) die wesentlichen Baudaten (266 t Gewicht, 3000 kW Stundenleistung, 2350 kW Dauerleistung, je 6 Zwillingsmotoren mit Zahnrad- und Hohlwellenantrieb) mitteilt, und anderseits Schnellzugslokomotiven in 1BD+DB1-Bauart, geliefert von der Gen. El. Co., über die von A. H. Armstrong[19]) die maßgebenden Baudaten (235 t Gewicht, 2380 kW Stundenleistung, 2030 kW Dauerleistung, je 12 Achsmotoren, deren 4,2 t schwere Anker ungefedert auf den Triebachsen sitzen) veröffentlicht wurden. Von den bereits im JB 1917 gewürdigten neuen Lokomotiven der Pennsylvaniabahn mit Umformung von Einphasen- auf Drehstrom mittels „Phasenteilern" haben G. M. Eaton[20]) und A. J. Hall[21]) weitere Einzelheiten der mechanischen und der elektrischen Ausführung eingehend erläutert; die Verwaltung der Pennsylvaniabahn hat weiterhin Chesnut Hill[22]), einen weitern Vorort von Philadelphia, in den dortigen Vorortverkehr mittels Einphasenstroms einbezogen

und dafür 22 neue Motorwagen beschafft. Über die im JB 1917 schon erwähnte neue Einphasenlokomotive der New York, New Haven & Hartford Rd. gibt E. R. Hill[23]) nähere Angaben, von denen besonders diejenigen über den Antrieb durch 6 Zwillingsmotoren von insgesamt 1880 kW Stundenleistung bzw. 1490 kW Dauerleistung, neu sind. Von der New York Connecting Rd.[24]), der Verbindungsbahn der New Haven- und der Pennsylvaniabahn auf dem Stadtgebiet von New York, wird die teilweise vollendete, teilweise noch in Montage begriffene Streckenausrüstung über die Hellgatebrücke und durch den Brooklyner Stadtteil beschrieben. Hinsichtlich der Betriebsverhältnisse amerikanischer Bahnen dürften besonders die Mitteilungen über die bei der New York, New Haven & Hartford Rd., der Pennsylvania Rd. und der Norfolk & Western Ry. gemachten Erfahrungen hinsichtlich der Schwachstromstörungen durch Einphasenbetrieb interessieren, die in der wegen ihrer grundsätzlichen Erörterungen bereits früher gewürdigten Arbeit von H. S. Warren[6]) zu finden sind. — Aus **Kanada** gibt W. G. Gordon[25]) weitere Einzelheiten über die schon im JB 1917 behandelte Elektrifizierung der Tunnelstrecke bei Montreal, im Zuge der Kanadischen Nordbahn, bekannt. — Von andern außereuropäischen Ländern ist **Argentinien** durch die bekannt gewordene Baubeschreibung der Elektrifizierung einer rd. 30 km langen Vorortstrecke von Buenos Aires[26]) zu erwähnen; es handelt sich um eine Gleichstromspeisung mittels dritter Schiene bei 800 V und normalem Motorwagenbetrieb.

In **Europa** hat die Kohlenknappheit nun fast alle Bahnverwaltungen den Elektrifizierungsprojekten zugänglich gemacht. In keinem Lande hat jedoch die Angelegenheit der Elektrifizierung solche grundsätzliche Fortschritte zu verzeichnen wie in der **Schweiz,** die 1918 schließlich ihren ausländischen Kohlenlieferanten übertriebene Preise von geradezu phantastischer Höhe zu bezahlen hatte. So ist es zum umfassenden Elektrifizierungsprogramm der Gesamtheit der Bundesbahnlinien[27]), das in längstens 30 Jahren verwirklicht wird, und zum gemeinsamen Vorgehen der Gesamtheit der Privatbahnen[28]) gekommen. Die Gotthardlinie, deren Umbau auf el. Betrieb stark gefördert worden ist, wird nun in Bälde nicht bloß zwischen Erstfeld und Bellinzona, sondern über Bellinzona hinaus bis an die südliche Landesgrenze bei Chiasso[29]) elektrisch betrieben werden; zur Beschleunigung der Betriebsaufnahme sind die Versuchsfahrten von Probelokomotiven[30]) nur zum Teil abgewartet und eine Hauptbestellung elektrischer Lokomotiven sofort in Auftrag gegeben worden, über die H. Studer[31]), unter besonderer Würdigung bezüglicher Studien der Maschinenfabrik Oerlikon berichtet hat. Größere Lokomotivbestellungen sind 1918 auch seitens der Bernischen Dekretbahnen[32]) vergeben worden. Von den im Vorjahre beschlossenen Elektrifizierungen im Zuge der Lötschberg- und der Simplonlinien hat die Aufnahme des el. Betriebs auf der Strecke Scherzligen-Bern[33]) begonnen. Die Rhätische Bahn hat zur Erweiterung des el. Betriebes ihrer Engadiner Linien die Ausrüstung der tunnelreichen Zufahrtsstrecke Filisur-Bevers[34]) in Angriff genommen. — Nächst der Schweiz bildet **Italien,** bzw. die italienischen Staatsbahnen das zurzeit größte Tätigkeitszentrum der europäischen Bahnelektrifizierung. Zu Beginn des Berichtsjahres hatte diese Verwaltung insgesamt 449,1 km Bahnlänge mit el. Betrieb, nämlich 390,6 km mit Drehstrom- sowie 58,5 km mit Gleichstrombetrieb. Daß in den Kreisen dieser Verwaltung die frühere Voreingenommenheit zugunsten von Drehstrom einen argen Stoß erlitten hat, konnte schon im JB 1916 mitgeteilt werden; nunmehr ist in den italienischen Elektrikerkreisen die Diskussion über die Systemfrage der el. Zugförderung in ein akutes Stadium eingetreten, wobei besonders die Äußerungen von „Ignis"[35]) und von P. Lanini[36]) zu erwähnen sind. Die Firma BBC[37]) bringt eine eingehende Beschreibung der von ihr ausgerüsteten und schon im JB 1917 gewürdigten neuen italienischen Schnellzugslokomotiven. — Aus **Deutschland** dürfte besonders die neue elektrische Lokomotive für die schlesische Gebirgsbahn das

Interesse einer Neuheit erwecken, über die P. Müller[38]) eine eingehende Baubeschreibung veröffentlicht hat; aus derselben ist zu entnehmen, daß für den Antrieb dieser, in 2D1-Bauart ausgeführten Lokomotive eine Triebwerksanordnung gewählt wurde, die man als einen umgekehrten Zweistangenantrieb, von einem Motor aus auf zwei Blindwellen, kennzeichnen kann, wobei der Bau eines großen Motors von 2200 kW und 22 t Gewicht den besondern Anreiz zur neuen Anordnung geliefert zu haben scheint. — Grundsätzliche Verkehrsfragen aus dem Berliner Schnellbahn-Verkehrswesen sind durch Giese[39]) zur öffentlichen Erörterung gebracht worden. — Von der Staatseisenbahnverwaltung in **Österreich** ist im Winter 1917/18 eine umfangreiche Denkschrift[40]) über Studien und vorbereitende Maßnahmen zur Ausnutzung der Wasserkräfte und zur Einführung des elektrischen Betriebes auf Vollbahnen herausgegeben worden, der zu entnehmen ist, daß sich die Verwaltung bis Ende 1917 das Verfügungsrecht über 18 Konzessionen für Wasserkraftanlagen mit einer Leistungsfähigkeit von 121000 kW im Jahresmittel zu sichern wußte. — Ein gewisses technisches Interesse bietet der durch eine geschickte Verlegung der Speisestelle ermöglichte Kupferausbau der kleinen, dem Lokalverkehr dienenden Vollbahn Bludenz-Schruns, über den F. Sabertsching[41]) zu berichten weiß. — In **Frankreich** und **England** beschäftigen sich die technischen Kreise lebhaft mit dem von Ingenieur A. Sartiaux[42]) bearbeiteten neuesten Projekt einer Tunnelverbindung unter dem Ärmelkanal, für die natürlich nur die el. Zugförderung in Betracht kommen kann. — Aus **Skandinavien** beansprucht immer noch die Riksgränsenbahn von Narvik nach Kiruna und darüber hinaus nach Lulea das Hauptinteresse, indem neuerdings wieder technische Einzelheiten der Riksgränsenbahn[43]) veröffentlicht wurden.

Elektrische Straßenbahnen. Grundsätzliche Erörterungen über Fahrplanprobleme der Straßenbahnen und damit zusammenhängende Fragen sind durch W. Bethge[44]) und Ph. Pforr[45]) angestellt worden. Demgegenüber hat A. Bieber[46]) in mehreren Aufsätzen technische und allgemeine Fragen der Aufbewahrung und Wiederherstellung der Straßenbahnwagen behandelt. Die Anwendung der Schützensteuerung im Straßenbahnbetrieb bespricht R. Wolff[47]) während H. Engel[48]) Schalt- und Bezeichnungsregeln für die Anwendung der Vielfachsteuerung beibringt. Die Buchführung bei Straßenbahnen wird erörtert in Aufsätzen von C. Redtmann[49]) und von A. Paul[50]). Für und gegen die rein elektrische Bremsung von Straßenbahnwagen haben E. Volkers[51]) und H. Sauveur[52]) Betrachtungen angestellt. Zur Frage der Benutzung von Straßenbahnwagen für die Güterbeförderung hat P. Loercher[53]) einen Beitrag geleistet. Von den Bestrebungen weitgehender Materialersparnis legen Zeugnis ab die Ausführungen von R. Wolff[54]) über den Ersatz doppelpoliger Bremskuppelungen durch einpolige, sowie die Mitteilungen von Ph. Scholtes[55]) und W. Riechers[56]) über Anwendung und Einführung des Dreileiterbetriebes bei Straßenbahnen. Eine Vorrichtung zur automatischen Spurkranzschmierung wird von R. Zehnder[57]) angegeben. Aus der Verwaltung der Zürcher Straßenbahn sind von Interesse die Beschreibungen von Einzelheiten des schon im JB 1916 gewürdigten Umbaus vom Rollenkontakt auf Bügelkontakt durch U. Winterhalter[58]), sowie die Mitteilung von H. Schaub[59]) über die optische Signalgebung zwischen Motorwagen und Anhängewagen. Der Quecksilberdampf-Gleichrichter im Straßenbahnbetrieb ist in der Unterstation Mezières[60]) der Vorortlinie Lausanne-Moudon erstmals für 800 V Gleichstromspannung zur Verwendung gelangt. Aus der großen Zahl von Beschreibungen neuester schweizerischer Überlandbähnchen für hochgespannten Gleichstrom (bis 2000 V) des Berichtsjahres scheint uns lediglich ein Hinweis auf die Schöllenenbahn[61]) von Interesse, und zwar deshalb, weil dieses Bähnchen auf der Talfahrt Gebrauch von der Energierückgewinnung macht.

[1]) J. Jahn, Z. Ver. D. Ing. S 121, 145, 160, 248, 339, 651. — [2]) W. Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 215. — [3]) v. Glinski, Glasers Annalen Bd 83, S 48, 53, 91. — [4]) S. Abt (H. H. Peter), Schweiz. Bauztg. Bd 71, S 7, 13. — [5]) Bull. Schweiz.

EV S 135, 157. — [6]) S. H. Warren, Proc. Am. Inst. El. Eng. S 1119. — [7]) J. Perret, Rev. Gén. El. Bd 4, S 281. — [8]) G. Gut, Bull. Schweiz. EV S 35. — [9]) Maschinenfabrik Oerlikon, Schweiz. Patent 77317. — [10]) Hs. Behn-Eschenburg, Bull. Schweiz. EV S 239. — ETZ S 481. — Rev. Gén. El. Bd 4, S 877. — [11]) W. F. Coors, Gen. El. Rev. S 412. — [12]) W. Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 71, S 191. — [13]) P. Leboucher, Rev. Gén. El. Bd 4, S 914. — [14]) A. Causse & H. Goua, Rev. Gén. El. Bd 4, S 658. — [15]) J. M. Drabelle & L. B. Bonnett, Proc. Am. Inst. El. Eng. S 497. — [16]) M. Osnos, ETZ S 224. — [17]) M. Vidmar, El. Masch.-Bau S 273. — Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 233, 247. — [18]) F. H. Shepard, El. Rlwy. Jl. Bd 51, S 237, 559. — [19]) A. H. Armstrong, El. Rlwy. Jl. Bd 51, S 561. — [20]) G. M. Eaton, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 700. — [21]) A. J. Hall, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 722. — [22]) El. Rlwy. Jl. Bd 51, S 799. — [23]) E. R. Hill, El. Rlwy. Jl. Bd 51, S 556. — [24]) El. Rlwy. Jl. Bd 51, S 1043. — [25]) W. G. Gordon, Proc. Am. Inst. El. Eng. S 1285. — [26]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 511, 530, 550. — [27]) Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 74, 161. — [28]) ETZ S 78. — [29]) Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 92. — [30]) Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 9. — [31]) H. Studer, Schweiz. Bauztg. Bd 71, S 213. — ETZ S 293. — Gén. civil Bd 72, S 437. — [32]) Mitt. BBC S 202. — [33]) Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 237. — [34]) Schweiz. Bauztg. Bd 71, S 178. — [35]) „Ignis", Elettrotecnica S 242, 270, 356. — [36]) P. Lanini, Elettrotecnica S 277, 346, 411. — [37]) Mitt. BBC S 87, 112, 134. — [38]) P. Müller, El. Kraftbetr. S 129, 137. — [39]) Giese, ETZ S 29, 461. — [40]) El. Masch.-Bau S 20. — ETZ S 96. — [41]) F. Sabertsching, El. Masch.-Bau S 167. — [42]) Rev. Gén. El. Bd 3, S 665. — Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 85. — [43]) ETZ S 495. — [44]) W. Bethge, El. Kraftbetr. S 37, 73. — [45]) Ph. Pforr, El. Kraftbetr. S 82. — [46]) A. Bieber, El. Kraftbetr. S 9, 105, 154, 161, 251, 257. — [47]) R. Wolff, ETZ S 365. — [48]) H. Engel, El. Kraftbetr. S 145. — [49]) C. Redtmann, El. Kraftbetr. S 209, 217. — [50]) A. Paul, El. Kraftbetr. S 225. — [51]) E. Volkers, El. Kraftbetr. S 243. — [52]) H. Sauveur, El. Kraftbetr. S 289. — [53]) P. Loercher, El. Kraftbetr. S 1, 31. — [54]) R. Wolff, El. Kraftbetr. S 236. — [55]) Ph. Scholtes, ETZ S 161, 347. — [56]) W. Riechers, Mitt. Ver. EW S 50. — [57]) R. Zehnder, Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 62. — [58]) M. Winterhalter, Schweiz. Bauztg. Bd 71, S 204. — [59]) H. Schaub, Schweiz. Bauztg. Bd 72, S 185. — [60]) Mitt. BBC S 42. — [61]) Mitt. BBC S 23, 47, 71.

Elektrische Bahnen und Fahrzeuge für besondere Zwecke.

Von Ingenieur Max Schiemann.

Lokomotivantrieb durch Dieselmotor kann nur über den Umweg des Dynamoelektromotors erfolgen, wie dies bei einer dreiachsigen Lokomotive für Sachsen und Preußen dargestellt wird. Der Dieselmotor treibt eine gekapselte Dynamomaschine direkt an. Der erzeugte Betriebsstrom geht in zwei Elektromotoren, die die Achsen antreiben, durch Leonard-Schaltung[1]).

Gleislose Bahnen, Omnibus, Lastwagen. Ein el. Omnibusbetrieb ist in Lancester seit Dezember 1916 mit 2, später 3 Fahrzeugen eingerichtet. Die Edison-Batterien haben sich gut bewährt, auch die wirtschaftlichen Ergebnisse sollen gut sein. Die Konstruktion zeigt nichts Besonderes[2]). — Eine Straßenzugmaschine auf drei Rädern mit besonders großer Batterie hat The Couple Car Freight Wheel Co. als Endergebnis vorheriger Typen gebaut. Das Gefährt ist nicht länger als ein Pferd und kann den gleichen Wendekreis befahren wie ein Pferdegespann. Das Einzelvorderrad ist Trieb- und Lenkrad und ohne Gummibereifung. Über dem Hinterteil des Wagens befindet sich noch eine Ladeplattform[3]). — In den letzten Jahren sind elektrische Omnibusse und Lastwagen für städtische Beförderung in englischen und amerikanischen Städten mehrfach eingerichtet worden. Bilder und Beschreibung der Anlage in Rio de Janeiro[4]) zeigen die zielbewußte Anwendung für städtische Verkehrsobjekte. Die sehr großräumigen Edisonbatterien hängen unter dem Wagenrahmen. Die durchschnittlichen Ergebnisse von Versuchsfahrten ergeben eine Temperaturerhöhung der Batterie von 2,8° C bei 4 Stunden Fahrtdauer mit 11 min

Aufenthalten und einem Gesamtenergieverbrauch von 294 Ah bei 89 bis 73 V, also rd. 24 kWh, das sind 6 kW Durchschnittsleistung. In Anbetracht der sehr großen Gefährte muß ein gutes Pflaster und keine wesentlichen Steigungen vorhanden sein, beides Vorbedingungen für einen wirtschaftlich günstigen Elektrobusverkehr. — Der Motorlastwagen wird in der el. Industrie nach dem Kriege zur Bewältigung der Frachten in ausreichendem Maße da zur Anwendung kommen, wo er den Pferdetransport billiger ersetzen kann, was durchaus nicht in allen Fällen zutreffend ist. Nach Wolff[5]) ersetzt ein voll ausgenutzter Motorwagen 6 bis 8 Pferde in seiner Nutzleistung. Wenn aber die Frachten nicht groß genug sind, um den Motorwagen auszunutzen, bleibt der Pferdebetrieb mit 30 bis 38 Pf/tkm billiger als 11 Pf. beim vollausgenutzten Motorwagen. Es wird im allgemeinen von Benzinwagen gesprochen, die Verhältnisse passen aber auch für den el. Wagen, der zwar in der Anschaffung teurer, im Betriebe jedoch billiger und für kürzere Stadtstrecken angebrachter ist als der Gaswagen. Es sind also stets die Fälle zu untersuchen, bei denen wirtschaftlicher gearbeitet wird.

Zur Ergänzung des Vorstehenden werden von Grempe[6]) die Vorteile des el. Vorspannwagens gegenüber dem Motorlastwagen ausgeführt. Im Kurzstreckenbetrieb spielen die Lade- und Entladezeiten eine wesentliche Rolle für die Rentabilität. Es ist daher für den el. Motorwagen von Wert, möglichst nur als Vorspannwagen verwendet zu werden, damit er vom Ladegeschäft unbeeinflußt bleibt. Die Akkumulatorenbatterie ist bereits genügendes Adhäsionsgewicht für die Triebachse, und der hohe Wert des Triebgefährtes erfordert eine möglichst hohe Fahrtausnutzung. Für Kommunalbetriebe träfe dies besonders zu, wenn Motorgefährt von Lastgefährt getrennt bleibt, insbesondere genössen kleine Gemeinden den Vorteil, auch für Ausnutzung der Feuerwehrfahrzeuge, Müllbeförderung, Mannschafts- und Gerätetransporte. Dem Vorspanngefährt wird eine gute Zukunft prophezeit.

Die Midland Straßenbahn-Gesellschaft[7]) hat eine Anzahl Lastauto mit el. Akkumulatorenbetrieb in ihren Betrieb eingestellt, um die Güterverteilung schnell und allseitig zu bewirken. Wageneinrichtungen, Wagenhallen und Ladeeinrichtungen werden beschrieben und Betriebskosten der verschiedenen Typen und Betriebsarten in Vergleich gestellt. — Ebenso hat die London & North Western Railway[8]) einen elektromobilen Lastwagenbetrieb eingerichtet, der weniger seiner inneren Konstruktion wegen Interesse bietet, als vielmehr in seiner äußeren Ausdehnung und Anwendung. Beide Ausführungen beweisen, daß dem elektrischen Kraftlastwagen im Stadtgebiet sein Wirkungskreis erstanden ist.

Ein elektrischer Lastmotorwagen mit Selbstentladung (Kippen des Kastens nach hinten) ist bei der City El. Light Co. Ltd. in Brisbane (Australien) in Betrieb. Derselbe trägt 5 t, läuft mit 11 km/h Geschwindigkeit und hat eine Fahrkapazität von 72 km. Der Kippkasten kann auf 45^0 eingestellt werden und entlädt sich dann selbst. Das Kippen besorgt ein Motor von 2 kW mit 2 Schraubenspindeln in 1 min[9]).

Lastkarren. Die el. Fabriklastkarre findet größere Anwendung in amerikanischen Munitionsfabriken zum Transport der Fabrikate von einem zum anderen Arbeitsplatz. Nutzladung von 2 t werden auf Steilrampen von einem Mann auf drei- und vierrädrigen Gefährten befördert. 8 Mann ersetzen frühere 18 Mann und befördern mit erhöhter Geschwindigkeit[10]). — Über den gleichen Gegenstand berichtet F. C. Myers[11]) an Hand zahlreicher Abbildungen aus dem Betriebe und bestätigt die wirtschaftlichen Vorteile der el. Kleingutbeförderung. Die Lastkarre leistet in ½ h die Arbeit von 6 Mann in 3 h, d. h. 36 : 1. Es sind zahlreiche Gefährte in Tätigkeit und seit längerer Zeit erprobt. — 25 kleine Zugmaschinen (Tracteurs) bewegen zwischen Fabriken und Magazinen kleine Lastwagen, die zu längeren Zügen zusammengekuppelt werden und den Zwecken der Armour & Co. Chicago dienen. Ihr wirtschaftlicher Effekt gegenüber den alten Beförderungsmethoden wird hervorgehoben. Konstruktiv sind keine Neuheiten bemerkbar[12]). — Die Huntsche Industriekarre ist ein Gepäck-

wagen mit einachsigem Antrieb und sehr niedriger Plattform 300 mm. Die Batterie befindet sich über der Triebachse, die Motoren sind in die Räder eingebaut mit sehr großer Kegelradübersetzung. Die Geschwindigkeit ist 3 bis 10 km/h, kleinster Kurvenradius 1,6 m. Die Bauart ist ein Standardtyp der C. W. Hunt Co. in West New-Brighton N. Y. C.[13]).

Der von W. de Haas[14]) beschriebene **el. Rollstuhl** für Kranke und Invalide, als Selbstfahrer ausgebildet, ist mit einer Batterie von 40 V und einem Elektromotor von 0,4 kW ausgerüstet und dient zum Befahren von Parkwegen, Promenadenwegen und sonstigen guten Fahrstraßen mit geringer Geschwindigkeit. Die hohen Anschaffungskosten finden ihren Ausgleich im Ersparen des Wärters bei der automobilen Fahrt.

Ein **Schiffhebewerk** am Illinois River dient dazu, auf schiefer Ebene die Niveaudifferenz zweier benachbarter Wasserspiegel auszugleichen, indem die Fahrzeuge ähnlich wie bei Drahtseilbahnen aufgeprotzt und über den Trennungsdamm befördert werden. Auf dem Kamm des Dammes befindet sich eine schwingbare Drehscheibe, die sich auf einem Kegelmantel dreht, um jenseits das Fahrzeug wieder abgleiten zu lassen. Auf der Drehscheibe ist Kraftmaschine, Seilwinde und Drehwerk aufgebaut[15]).

Ein **Gefährt mit Auslegerkran** für 2 t Hubkraft und elektrischer Kranbetätigung aus der Fahrbatterie wird bildlich und textlich beschrieben. Die Konstruktion wurde durch Kriegsbedingungen geschaffen. Seine Freizügigkeit macht das Gefährt besonders wertvoll. Das Eigengewicht ist 1850 kg. Die Kranschwenkung beträgt 180°, so daß die Last leicht auf Lastgefährte geladen werden kann, zumal der Wagen mit Kran und Last ortsbeweglich ist[18]).

Briefpostbahn. Schwaighofer[17]) beschreibt führerlose el. Briefpost-Untergrundbahnen, insbesondere die motorlosen Wagen mit magnetischer Fortbewegung, die Motorwagen für Röhrenbeförderung, die Cambridgesche Briefbeutel-Elektrorohrpost und die unterirdischen Rostzüge und Materialzüge mit Führer. Geschwindigkeiten von 30, 50 bis 200 km/h werden hierbei verwendet. Deutsche, englische und amerikanische Ausführungen finden Beachtung.

Elektrischer Schiffsantrieb. Die Vereinigten Staaten von Amerika beabsichtigten vier der größten Schlachtkreuzer mit elektrischem Antrieb zu bauen. Beim Bekanntwerden dieses Planes erhoben sich gewichtige Stimmen gegen diese Neuerung, die zu teuer, kompliziert und zu unsicher gegen Artilleriewirkung von außen sei. Man verlangt erst eingehende Studien, ehe man dieses Wagnis eingeht[18]). — Im Engineering wird im Gegensatz zu bisherigen Gepflogenheiten eine vergleichende Betrachtung angestellt, ohne ein endgültiges Ergebnis zu zeitigen. Man hofft zu späterer Zeit die Vor- und Nachteile besser abwägen zu können[19]). — Elektrischer Schiffsantrieb durch die Ljungströmsche Turbine von 625 kW wird in zahlreichen Bildern dargestellt, deren bevorzugte Konstruktion beschrieben und sein geringes Gewicht gepriesen. Diese Turbine sieht schon auf mehrjährige Bewährung zurück und wird wegen ihrer Eigenschaften für Schiffsbetrieb gerühmt. Sie verspricht weitere Anwendung[20]). Zwei Turbogeneratoren erzeugen Drehstrom zum Antrieb zweier Motoren, die ihrerseits auf ein gemeinsames Pfeilradgetriebe greifen. Das große Getrieberad ist auf der Schraubenwelle befestigt. Eine vielseitige Schaltanlage ermöglicht die Ausführung aller Schiffsmanöver. Selbstverständlich sind auch alle Hilfsmaschinen, Pumpen, Spills, Rudermaschinen elektrisch angetrieben und gesteuert.

Das erste el. betriebene, in England gebaute Handelsschiff sollte Mitte 1918 seine erste Reise antreten. Es sollte das größte elektrisch angetriebene Schiff der Welt sein. Dem widerspricht aber Emmet durch die Angabe, daß der amerikanische Marinekohlendampfer Jupiter mit 20000 t Verdrängung und 190 m Länge bei 5000 kW im Jahre 1914 und das Schlachtschiff New Mexiko mit 32000 t und 27000 kW im Jahre 1918 geliefert und gelaufen sind. Weitere große Schiffe sollen in Auftrag sein[21]).

[1]) Rev. Gén. El. Bd 4, S 891. — [2]) George Drake Smith, El. World Bd 71, S 1140. — [3]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 654. — [4]) El. Rev. (Ldn.) Bd 83, S 103. — [5]) Th. Wolff, Helios Fachz. S 132. — [6]) P. M. Grempe, Helios Fachz. S 180. — [7]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 141. — [8]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 600. — [9]) El. World Bd 70, S 1149. — [10]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 40. — [11]) F. C. Myers, El. World Bd 70, S 1186. — [12]) El. World Bd 70, S 675. — [13]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 579. — [14]) W. de Haas, Helios Fachz. S 247. — [15]) J. A. Harman, El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 126. — [16]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 441. — [17]) H. Schwaighofer, Helios Fachz. S 276. — [18]) ETZ S 80. — [19]) Engineering Bd 105, S 581. — [20]) Engineering Bd 105, S 489; Bd 106, S 82, 140. — El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 459. — El. World Bd 71, S 992. — [21]) El. Masch.-Bau S 303.

Hebezeuge, Transport- und Verladevorrichtungen.

Von Prof. Rud. Krell.

Verladebrücken und Krane. Die Kriegsbedürfnisse haben auch auf dem Gebiete des Hebezeugbaues einige Sonderkonstruktionen entstehen lassen. So wird eine Verladebrücke[1]) mit doppelseitigem Ausleger beschrieben, die für den Transport fertiger Geschossse, sowie für die Bewegung der zu der Geschoßfabrikation nötigen Rohstoffe bestimmt ist. Die Stützweite beträgt 27,4 m, die Ausladung der Kragträger je 13,7 m und die Fläche des von dem Kran bestrichenen Arbeitsfeldes 9300 m². Der Kran wird durch drei vollständig gekapselte Hauptstrommotoren für Gleichstrom von 440 V betrieben. Die Hubgeschwindigkeit beträgt bei 3 t Nutzlast 15 m/min, die Kranfahr- und Katzfahrgeschwindigkeit 91 m/min. — Ein el. betriebenes Lastautomobil[2]) wurde an der Stirnseite mit einem drehbaren Kranausleger für 2 t Nutzlast ausgerüstet, der sich nach jeder Seite senkrecht zur Fahrtrichtung einstellen läßt. Das Hubwerk wird durch einen besonderen Elektromotor betrieben. Das Automobil kann mit vollbelastetem Ausleger verfahren werden. — Einen Eisenbahnwagen-Drehkran mit Greiferbetrieb für 2750 kg Tragfähigkeit bei 9 m Ausladung beschreibt B. Müller[3]). Der Ausleger ist niederlegbar, so daß der Kran unter Verwendung eines Beiwagens im Zug verfahren werden kann. Die Stromzuführung erfolgt oberirdisch oder durch bewegliches Kabel. Die Geschwindigkeiten und Motorgrößen sind: Heben 36 m/min, 24 kW; Drehen 120 m/min, 4,8 kW; Kranfahren 36 m/min, 6,6 kW. — Ein dampf-elektrisch betriebener Schwimmkran[3a]) für 150 t mit zwei Lasthaken für 75 t und einem Hilfswindwerk für 25 t wird beschrieben und die Hauptabmessungen gegeben. Die Gesamtwasserverdrängung des Krans beträgt 2500 t. Die Pontonabmessungen sind 24,6 m auf 25,9 m auf 4,6 m.

Fördermaschinen und Aufzüge. A. L. Ballard[4]) stellt vergleichende Untersuchungen an in bezug auf die Wirtschaftlichkeit von Windwerken mit Dreiphasenmotoren und mit Ward-Leonard-Steuerung und findet, daß für jene die Grenze für lotrechte Förderung etwa bei 600 m Tiefe und 1500 kW liegt. Bei größeren Tiefen (900 bis 1200 m) und größeren Leistungen ist die Ward-Leonard-Fördermaschine ausgesprochen überlegen. Auch der Einfluß der konischen Trommeln und des Unterseiles wird behandelt. — G. Rouet[5]) vergleicht ebenfalls die Leonard-Schaltung bei Fördermaschinen mit dem Dreiphasenmotorwindwerk und gewöhnlicher Schaltung. — H. H. Broughton[6]) behandelt in einer Reihe von Aufsätzen die bei dem Betrieb elektrischer Fördermaschinen auftretenden Beschleunigungs- und Verzögerungsmomente und untersucht unter Durchrechnung von Beispielen die verschiedensten Formen von Fördertrommeln in bezug auf die sich ergebenden Drehmomente. — Auch F. Robin[7]) behandelt für Fördermaschinen mit Koepescheibe und mit oder ohne Unterseil, ferner mit Bobine oder mit konischer Trommel die Beschleunigungs- und Verzögerungsmomente und bringt ein Beispiel. — C. C. Clewell[7a]) bespricht Aufzugswindwerke mit Gleichstrom- und Drehstrommotorenantrieb und gibt Kraftverbrauchszahlen. — Wintermeyer[8]) schildert die Entwicklung der in

Bergwerksbetrieben unter Tag verwendeten Einrichtungen für die Streckenförderung, die das Gut von der Gewinnungsstelle dem Hauptschacht in wagerechter, geneigter oder senkrechter Richtung zuführt. Dampf und Preßluft werden auch hier zumeist durch die Elektrizität verdrängt. Hauptsächlich wird der Drehstrominduktionsmotor in der Form als Umsteuermotor für Förderhaspelantriebe verwendet; bei Schlagwettergefahr in vollkommen gekapselter Ausführung mit Ölschutz für die Anlasser und Hochspannungskontakte. Auch el. Seilbahnen finden Verwendung. Eine große derartige Streckenförderanlage auf den Ferndalegruben von Davis & Sons, Cardiff, wird beschrieben (22 Schleifringankermotoren mit im ganzen 2400 kW, ventiliert gekapselt, für Drehstrom von 1200 V bzw. 440 V und 25 Per/s). Mehr noch werden im Grubenbetrieb el. Lokomotiven wegen ihrer leichten Anpassungsfähigkeit an Gleiskrümmungen und der größeren Fördergeschwindigkeit, die einen kleineren Wagenpark ermöglicht, verwendet. In Nachteil kommt der Lokomotivbetrieb gegenüber dem Seilbahnbetrieb, wenn größere Steigungen zu überwinden sind. Die Grubenlokomotiven werden entweder als Fahrdraht- oder als Akkumulatorenlokomotiven gebaut. Die Motoren sind hauptsächlich Gleichstrommotoren, aber auch Einphasenstrommotoren werden in neuerer Zeit angewendet. Das Betriebsgewicht der Lokomotiven beträgt durchschnittlich 5 t; Antrieb durch 2 Motoren von zusammen etwa 22 kW. In Amerika sind aber auch Grubenlokomotiven von 20 t Betriebsgewicht und 150 kW in Benutzung. Die Einrichtung der Einphasenstromlokomotiven der Zeche Rosenblumendelle wird beschrieben. Auch führerlose Akkumulatorenlokomotiven sind zur Einsparung von Führerlöhnen mit Erfolg verwendet worden. So auf der Grube Von der Heydt (Saarrevier). Die Lokomotiven werden durch einen fühlerartig und federnd angebrachten Anschlaghebel gesteuert und können auch selbsttätig Weichen umschalten. Die Fahrgeschwindigkeit muß allerdings gering (1 m/s) gehalten werden.

Hütten- und Stahlwerkskrane. F. Séba[9]) bespricht allgemein die Bauart verschiedener el. betriebener Krane für Hüttenzwecke. Für die Masselnschlagwerkkrane haben sich, wie H. Hermanns[10]) berichtet, verschiedene Bauarten eingeführt. Der Antrieb des Hammers erfolgt entweder durch Preßluft mit freiem Fall des Hammers, oder durch Kurbelgetriebe mit zwangläufigem Niedergang des federnd befestigten Hammers, oder ferner durch Zugmittel und freien Fall des Hammers. Gut bewährt hat sich die Vereinigung von Schlagwerkkran und Magnetkran zum Aufnehmen der Masseln. Zur Erregung des Magnets wird häufig die Unterbringung eines Umformers auf der Laufkatze notwendig (durchschnittlich: Antriebsmotor von 10 kW, Gleichstromdynamo von 8 kW Dauerleistung).

Hängebahnen. F. Séba[11]) tritt ein für die größere Verbreitung der Drahtseilhängebahnen nach deutscher Bauart in Frankreich; bespricht die Gesichtspunkte bei Anlegung solcher Bahnen und behandelt Einzelheiten der Ausführung, besonders an deutschen Beispielen.

Wagenkipper. In Middlesbrough wird ein Wagenkipper[12]) für 18 m Hubhöhe (Hubzeit 1 min), 35 t Tragfähigkeit mit Ward-Leonard-Schaltung und Hilfssteuerung verwendet, ausgeführt von der British Westinghouse Co. (mechanischer Teil von der North-Eastern Co).

Verschiedene Fördervorrichtungen. Die Vervollkommnung und Ausdehnung der Kohlen- und Erzverladeanlagen an den nordamerikanischen Seen[13]) schreitet fort. — Neben der wachsenden Zahl der Einrichtungen ist besonders die stete Zunahme der Abmessungen hervorzuheben. So hat die Virginia Railway Co. Erzwagen von 120 t Fassungsvermögen gebaut. Die größte Bekohlungsanlage ist die der Baltimore & Ohio Railway Co., mit einer jährlichen Kohlenumschlagmenge von 12 Millionen t. Die Kohlenbewegung kann bei dieser Anlage auf 7000 t/h gebracht werden. — W. H. Atherton[14]) bespricht die Entwicklung der Band- und Becherförderer für Kohle allgemein und im einzelnen und zeigt, daß der Kohlenbedarf von Kraftwerken durch diese Fördermittel in befriedigender Weise gedeckt werden kann. Leistungen bis zu 500 t/h sind

gut zu erreichen. — Elektrisch betriebene fahrbare Becherwerke und Schaufelkrane[14a]), die zum Beladen von Lastautomobilen mit Kohle vom Lagerplatz aus dienen, werden beschrieben. — In Meadowside ist ein moderner Getreidespeicher für ein Fassungsvermögen von 31000 t[15]) erbaut worden. — Zwei fahrbare Schiffsentladeelevatoren mit einer Stundenleistung von je 250 t geben das Getreide auf längs des Speichers verlaufende Transportbänder und von diesen auf Querbänder nach zwei Hauptelevatoren in einem 48 m hohen Turm. Von da wird das Getreide durch Transportbänder in die einzelnen Zellen des Speichers verteilt. Außerdem ist noch ein Hilfselevator von 100 t/h zum Wenden und Verwiegen des Getreides vorhanden sowie zwei Sacktransportbänder von je 500 t/h Leistung. Der ganze Getreidespeicher wird el. betrieben durch gekapselte Gleichstrommotoren für 500 V Spannung. Die Motoren sind für halbstündige Überlastung von 25% und 50% Überlastung auf 5 min gebaut. Ferner ist eine umfangreiche Staubabsaugungsanlage vorhanden. — Für mehrere Getreidespeicher wird der Kraftbedarf[16]) zum Bewegen des Getreides im Jahresdurchschnitt für das Jahr 1916 angegeben. Die Hauptwerte sind nachfolgend zusammengestellt:

Fassungsvermögen in 1000 m³	115	61,5	70	61	200
Bewegtes Getreide im ganzen in 1000 m³	1830	915	1900	1340	1760
Kosten der Kraft in Pfennigen für 1 kWh	6,8	4,8	3,9	—	—
Kraftkosten für 100 m³ in Mark	4,8	2,36	2,61	3,35	5,75

Im allgemeinen wird durch langsame Getreidebewegung natürlich Kraft gespart. Trotzdem erweist sich eine solche Arbeitsweise wegen der hohen Liegekosten der Dampfer und der Miete der Wagen als nicht wirtschaftlich. — I. F. Perry[17]) bespricht an Hand von Diagrammen die Systeme verschiedener el. betriebener Winden und setzt sie mit Dampfwinden in Vergleich. Die gegenseitigen Vorteile werden zusammengefaßt. — Wintermeyer[18]) behandelt die Entwicklung des el. betriebenen Flaschenzuges; besonders die Vor- und Nachteile, die sich bei den verschiedenen Lagen des Motors, über, neben, oder neuerdings auch in der Trommel herausstellen.

Allgemeines. Die Eigenschaften der Motoren, Anlasser, und der el. Bremsung[19]) werden eingehend besprochen; besonders die Anlasser ausführlich erörtert. Auch Wintermeyer[20]) zeigt die Bedeutung der verschiedenen Bremsschaltungen und bespricht z. T. an Beispielen, den Antrieb in Leonard-Schaltung bei Hochofenaufzügen, Laufkranen mit großer Senkgeschwindigkeit, Wagenkippern, Turm- und Schwimmkranen.

[1]) ETZ, S 59. — [2]) Electr. (Ldn.), Bd 81, S 441. — [3]) B. Müller, Z. Ver. Dtsch. Ing., S 164. — [3a]) El. World Bd 72, S 648. — [4]) A. L. Ballard, Electr. (Ldn), Bd 80, S 709. — [5]) G. Rouet, Rev. Gén. El., Bd 4, S 45. — [6]) Broughton, Electr. (Ldn), Bd 81, S 206, 226, 332, 354, 356, 433, 453, 472, 495, 534, 553, 574. — [7]) F. Robin, Rev. Gén. El., Bd 3, S 5. [7a]) C. E. Clewell, El. World Bd 72, S 340. — [8]) Wintermeyer, El. Anz., S 7, 13, 21, 28. — [9]) F. Séba, Rev. Gén. El., Bd 4, S 423, 493. — [10]) H. Hermanns, ETZ, S 21. — [11]) F. Séba, Rev. Gén. El., Bd 3, S 184, 249, 329. — [12]) El. Rev. (Ldn.), Bd 82, S 363. — [13]) Electr. (Ldn.), Bd 80, S 851. — [14]) W. H. Atherton, Electr. (Ldn.), Bd 80, S 462. — [14a]) El. World Bd 71, S 567. — [15]) Electr. (Ldn.), Bd 80, S 572, 600. — [16]) ETZ, S 337. — [17]) J. F. Perry, Electr. (Ldn.), Bd 80, S 828. — [18]) Wintermeyer, ETZ, S 3. — [19]) Electr. (Ldn.), Bd 80, S 405, 500, 532. — [20]) Wintermeyer, El. Anz., S 151, 159, 167, 177.

Maschinenantrieb in Fabriken, Pumpen, Werkzeugmaschinen und elektrische Werkzeuge.

Von Prof. Dr.-Ing. A. Brückmann.

Maschinenantriebe. Auf Veranlassung der Kriegsrohstoffabteilung[1]) wurden an 25 Wellen mit im ganzen 250 kW Vollastverbrauch Messungen über den Verbrauch bei Leerlauf ausgeführt. Es fand sich ein Leerverbrauch von 165 kW, nach einigen Monaten wurde bei 310 kW Vollastverbrauch der Versuch wiederholt und 153 kW Leerlauf ermittelt. Der Leerverbrauch stellt sich in dem untersuchten Betrieb somit auf 50 bis 66%. Für den laufenden Meter Wellenlänge wurden in dem untersuchten Betrieb etwa 150 W festgestellt. — Wintermeyer[2]) zeigt an Beispielen wie durch geeignete Wahl der Bauart, der Anordnung, der Übersetzung, des Motorsystems und der Steuerung der Elektromotor allen Anforderungen gerecht werden kann, so als Vertikalmotor, durch federnde Aufhängung oder Riemenwippe, zum Kurbelantrieb für Vollbahnlokomotiven oder durch Fernsteuerung durch Bürstenverstellung mittels Vierkantwelle für Hebezeuge. In einer Reihe allgemein gehaltener Zusammenstellungen bringt C. E. Clewell[3]) die Anwendung von Motoren technisch weniger bewanderten Kreisen näher.

Pumpen und Wasserhaltungen. Die Vor- und Nachteile verschiedener Anlagen städtischer Wasserversorgungen, die neben der Hauswasserversorgung auch das Druckrohrnetz für Löschzwecke versorgen sollen, bespricht G. Kühne[4]) an Hand der Anlagen von vier kanadischen Städten. Die Stadt Desoronto erreicht Drucksteigerung und Vermehrung der Wassermenge durch Anschluß der Kreiselpumpen an zwei Drehstromnetze von 50 bzw. 60 Per/s, und zwar mit 6- bzw. 4poligem Motor, so daß die Pumpen wahlweise mit 1160 bzw. 1420 Umdrehungen betrieben werden können. Die Stadt Regina schaltet ihre mit Dampfantrieb und veränderlicher Umlaufzahl versehenen Pumpen je nach Bedarf in Reihe oder parallel. Die Stadt Kitchener (früher Berlin) besitzt ebenfalls die Möglichkeit, zwei Pumpen in Reihe oder parallel zu schalten, jedoch haben diese el. Antrieb von je zwei Motoren zu 60 kW Leistung. Schließlich hat die Stadt Port Arthur ihre Wasserversorgungsanlage so eingerichtet, daß drei Pumpensätze, angetrieben von je einem Synchronmotor von 200 kW bei 1200 Umdrehungen, zu je zwei für Löschzwecke in Reihe geschaltet werden, bzw. bei veränderlichem Wasserbedarf in der Hauswasserleitung eine, zwei oder auch drei Pumpen gemeinsam auf diese arbeiten können. Zur Schlamm- und Abwasserbeseitigung[5]) in Fabriken und Wäschen von Bergbetrieben werden in zunehmendem Maße el. angetriebene Hebewerke bzw. Schlammpressen angewandt. Besonders Druckluftanlagen und vereinigte Saug- und Druckluftanlagen mit zwei bzw. drei Kesseln mit zwei Luftpumpen und einer Druckluftpumpe sind verschiedentlich ausgeführt worden. Für kleinere Leistungen werden von verschiedenen Firmen auch fahrbare Anlagen ausgeführt. Das aussichtsreiche Sondergebiet von Springbrunnen und öffentlichen Brunnen mit el. betriebener Pumpanlage behandelt E. Immerschitt[6]) insbesondere nach dem Gesichtspunkte geringsten Wasserverbrauchs bei größter Wirkung. Erreicht wird dieser Zweck entweder durch Hohlstrahlmundstück oder durch luftansaugendes Mundstück mit seitlich angebrachten Luftdüsen für kleinere Springbrunnen, Brausen und Streudüsen. Druckverminderung kann durch Zufluß von Beckenwasser in die Düse erreicht werden. Die Düse befindet sich dann unterhalb des Wasserspiegels, und von dem eigentlichen Druckwasser wird ein Teil des Beckenwassers mit beschleunigt. Für größere Anlagen wird eigenes Pumpwerk mit el. angetriebener Kreiselpumpe, Fernsteuerung und Schaltuhr empfohlen. Rohrbrüche werden dadurch auch bei Mundstückverstopfung vermieden. Beispiele solcher Brunnen werden angeführt: In Stettin der Brunnen auf dem Viktoriaplatz und der Wrangelbrunnen vor dem Rathaus, in Berlin der Springbrunnen vor dem Brandenburgertor, in Bremen der Teichmannbrunnen

auf dem Domhof, mit eigenem Pumpwerk, Luftansaugung und Wassersparer. Selbsttätige Wasserversorgungsanlagen[7]) behandelt der gleiche Verfasser, während Wintermeyer[8]) den el. Antrieb solcher Anlagen in allgemeiner Form bespricht.

Fächer und Gebläse. Für Hochofengebläse kommt neben dem üblichen Gasgebläse auch das elektrisch angetriebene Turbogebläse[9]) in Frage. Die erzeugte Windmenge bei gleichem Gasverbrauch stellt sich allerdings für das Turbogebläse um 23% niedriger, dem steht aber ein verminderter Druck- und Wärmeverlust in der Rohrleitung gegenüber, da das Turbogebläse unmittelbar am Cowper angeordnet werden kann. Die Selbstkosten der Elektrizitätserzeugung stellen sich für ein solches Gebläse ebenfalls niedriger, da das Kraftwerk gleichmäßig hoch belastet wird. Die Bismarckhütte A.-G. in Oberschlesien hat in der ihr gehörenden Flavahütte ein solches Gebläse von 750 m³/min angesaugter Luft bei 25 bis 40 cm Quecksilber mit einer Drehzahl von 3000 Umdr./min und einem Kraftverbrauch von 800 kW in Betrieb genommen. Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen richtet sich wesentlich nach dem Wert des Gases, dem ortsüblichen Kohlenpreis, den Anlagekosten und den vorliegenden Entfernungen und kann nur von Fall zu Fall durch eingehende Rechnung ermittelt werden. Stützt sich das Kraftwerk nicht ausschließlich auf Gas, so kommt die Behelfsmöglichkeit der Elektrizitätserzeugung durch Dampf auch dem Hochofengebläse zugute. Durch Anwendung von Fächern in den Rauchabzügen von Lokomotivwerkstätten[10]) (vgl. JB 1917, S 93) kann der teuere Schornstein vermieden und die Anheizdauer auf ein Drittel der jetzt erforderlichen Zeit herabgesetzt werden. C. E. Clewell[11]) behandelt die in den Ver. Staaten weit verbreiteten Fächer, Gebläse und Druckluftmaschinen bezüglich der anzuwendenden Geschwindigkeit und Leistung nach allgemeinen Gesichtspunkten.

Eis- und Kühlanlagen. Der el. Antrieb von Eismaschinen[12]) bedeutet für das Kraftwerk einen willkommenen Belastungsausgleich und kann für das Werk wie für den Verbraucher durch Anwendung eines Spitzentarifs gleich vorteilhaft gestaltet werden. Die New Yorker Eisgesellschaft erzeugt mit einem Motor von 260 kW für den Kompressor in 24stündigem Betrieb 227 t Eis bei 2802 Gefrierformen. Das verwendete Wasser ist so rein, daß das sonst erforderliche Auspumpen des Kernes und Nachfüllen mit Frischwasser nicht erforderlich ist.

Metallbearbeitung. K. Trott[13]) behandelt in allgemeiner Form el. angetriebene ortsbewegliche Bohrmaschinen in den verschiedenen üblichen Ausführungsformen, wie tragbare, fahrbare und Tischbohrmaschinen. Der Kraftbedarf für Löcher in Stahl von 10 bis 26 mm Durchmesser beläuft sich auf 0,06 bis 0,25 kW bei 650 bis 180 Umdrehungen der Bohrspindel. Mehr und mehr hat sich das Schleifen[14]) in der Metallbearbeitung eingeführt. Die Umfangsgeschwindigkeit der Scheibe darf 25 m/s nicht überschreiten, muß aber in Rücksicht auf die Scheibe und die Motorgröße möglichst diese Grenze erreichen. Cordes und Sluiter in Hemelingen bei Bremen bringen Innenschleifmaschinen auf den Markt, die durch Anwendung eines besonders geschmeidigen kurzen Riemens 12000 Umdr./min der Schleifspindel erreichen. Auch die Spezialfabrik von C. u. E. Fein, Stuttgart, stellt Schleifmaschinen mit el. Antrieb für die verschiedensten Zwecke her.

Holzbearbeitung. D. R. Shearer[15]) befürwortet die weitgehendste Anwendung von Schwungmassen bei Holzbearbeitungsmaschinen, um durch sie die Motorgröße, die sonst für Spitzenleistung berechnet sein muß, herabsetzen zu können. Man erreicht damit auch gleichzeitig eine höhere Durchschnittsbelastung für den Motor und damit besseren Wirkungsgrad. Die günstigste Wirkung wird naturgemäß bei Einzelantrieb und Schwungrad auf der Motorwelle erzielt, wobei bei Drehstrommotoren durch Schlupfregelung das Schwungrad verstärkt zur Leistungsabgabe herangezogen werden kann. Bei unmittelbarer Kuppelung schwerer Abrichter und ähnlicher Maschinen[16]) muß einer guten, möglichst gemeinsamen Fundamentierung der Arbeitsmaschine und des Motors besondere Aufmerksamkeit zugewandt werden. In Amerika wurde beispielsweise mit bestem Erfolg für einen Abrichter nebst Motor ein Funda-

ment von 18,2 m^3 Beton mit Trägereinlage ausgeführt. Als Antriebsmotor verdient der Drehstrommotor[17]) den Vorzug.

Steinbearbeitung. Mit Hilfe einer kleinen el. Vorrichtung ähnlich dem früher erwähnten (vgl. JB 1916, S 109) Werkzeug für Kesselsteinbeseitigung kann das bisher mühsame und unbequeme Schärfen neuer oder abgenutzter Mühlsteine von Hand[18]) in kürzerer Zeit und leichter ausgeführt werden. Eine mit 2500 Umdrehungen laufende el. angetriebene biegsame Welle besitzt an ihrem Ende einen Kopf mit Bolzen, auf denen gezahnte Schlagrädchen mit Spiel befestigt sind. Die Schlagzahl läßt sich bis etwa 7800 in der Minute steigern, so daß z. B. ein Mühlstein von 1,4 m Durchmesser in drei Stunden gegen früher 14 Stunden geschärft werden konnte. Auch als Kraushammer läßt sich das Werkzeug gut verwenden. In Zementfabriken[19]) erfolgt der Antrieb der Roh- und Zementmühlen durch Einzelmotoren, die in besonderem Verschlag oder besonderem Maschinengang aufgestellt werden. Drehöfen werden je nach der erforderlichen Brenndauer in der Sinterzone in der Geschwindigkeit geregelt.

Weberei und Faserstoffaufbereitung. Die Frage, ob Gruppen oder Einzelantrieb kann für Spinnereianlagen[20]) dahin beantwortet werden, daß größere Maschinen wie Brecher, Schlagmaschinen, Strecken und Wattemaschinen mit Einzelantrieb versehen werden sollten, während Karden, Kratzen und Selfaktoren auch in Gruppen zusammengefaßt werden können. Für Selfaktoren kommt zum Ausgleich der Belastungsstöße die Anordnung eines Schwungrades auf der Motorwelle in Frage. Zur Steigerung der erzeugten Menge einer Ringspinnmaschine wird zweckmäßig die Spinngeschwindigkeit gegenüber dem An- und Abspinnen um etwa 30% erhöht. Bei Drehstrom erreicht dies die AEG[21]) durch Polumschaltung von 6 auf 8 Pole. Mittels Kollektormotoren für Einphasen- und Drehstrom läßt sich sogar die Ringspinnmaschine mit gleichbleibender Fadenspannung und dementsprechend höchster Ausnutzung betreiben. — Nach J. E. Mellett[22]) kann durch Übergang zum el. Betrieb eine Steigerung der Erzeugung bis zu 20% erreicht werden. Der Kraftbedarf verteilt sich etwa wie folgt: Wölfe usw. 6%, Krämpel 16%, Spinnen und Spulen 50%, Weben, Scheren usw. 23%, verschiedener Kleinbedarf 5%. Stoffdruckmaschinen[23]) sind mit weitgehender Regelung zu versehen, da sie mit drei verschiedenen Geschwindigkeiten zum Rapportieren, Drucken und Waschen der Walzen arbeiten müssen. Die Geschwindigkeit des Druckens schwankt je nach Muster und Stoff von 5 bis 10 m/min bis zu 50 m/min. Um die Regelung 1 : 8 bis 1 : 10 zu ermöglichen, wird bei Gleichstromantrieb Drei- bzw. Fünfleitersystem mit Spannungsteilung angewandt, während die AEG bei Drehstromantrieb einen Kollektormotor mit Statoranzapfungen anordnet, der 8 bzw. 12 Geschwindigkeitsstufen besitzt. C. E. Clewell[24]) bringt Anwendungsbeispiele für el. Antrieb in Spinnereien, Webereien und Papierfabriken.

Berg- und Hüttenwesen, Walzwerke. Im Bergwerksbetrieb findet besonders der der Verteilung unter Tage gut angepaßte Drehstrom weite Verbreitung[25]). Neben Kolbengebläsen kommen neuerdings auch Turbogebläse in Aufnahme. Motoren großer Leistung sind keine Seltenheiten mehr. So betreibt auf Zeche Brassert ein Motor von 1000 kW und 1500 Umdrehungen eine Pumpe für 6 m^3/min bei 710 m Förderhöhe. Auf Schacht Alma der Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G. arbeitet ein Kolbengebläse mit Antrieb durch einen Motor von 950 kW bei 104 Umdr./min. Auf dem neuen Schacht der Zeche Ewald bei Herten wird der Lüfter für 10600 m^3/min von einem Motor von 660 kW bei 225 Umdr./min angetrieben. Die Regelung der Umlaufzahl wird durch Reglersätze nach Krämer oder Scherbius oder durch die Drehstrom-Gleichstromkaskade bewerkstelligt. Für kleinere und mittlere Leistungen bis etwa 500 kW kommt daneben auch der Drehstromkollektormotor oder der Doppelkollektormotor von BBC[26]) häufig in Anwendung. Seilförderung auf wagerechter Strecke ist besonders in England z. B. auf den Ferndale-Gruben von Davis & Son in Cardiff mit 22 Motoren von insgesamt 2400 kW weitgehend ausgebildet. Für mildes Gestein werden el. Drehbohrmaschinen bevorzugt, während für

Stoßbohrmaschinen der Druckluftbetrieb noch nicht verdrängt werden konnte. El. Schrämmaschinen englischer Herkunft (nach Mavor & Coulson, Glasgow) sind mit gutem Erfolg im Kohlenbergbau verwandt. Für Förderanlagen kommt meist Leonard- und Ilgnerumformer in Frage, nur dort, wo wirtschaftliches Arbeiten in zweiter Linie steht, kommt auch der Drehstrommotor in Anwendung. So besitzt z. B. der Randminenbezirk Südafrikas Fördermaschinen mit Antrieb von Drehstrominduktionsmotoren bis zu 2200 kW Spitzenleistung. Für Grubenbahnen ist dem Betrieb mit Akkumulatorenlokomotive unbedingt der Vorzug zu geben, bei Schlagwettergruben ist er sogar der allein zulässige. In Rücksicht auf die Kreiselpumpen ist Drehstrom von 50 Per/s der Vorzug zu geben, da mit ihm eine wirtschaftliche Umlaufszahl von 3000 Umdr./min erreicht werden kann. Der Verbesserung des Leistungsfaktors[27]) ist um so mehr Beachtung zu schenken, als die Gruben meist eigene Kraftwerke besitzen. Einen Anreiz zur Verbesserung des Leistungsfaktors für Gruben, die an fremde Werke angeschlossen sind, würde eine Tarifvergünstigung bilden. Zur Erreichung eines guten Leistungsfaktors sollten die Motoren nicht zu groß gewählt werden (zwei- bis dreifache Überlastung auf kurze Zeit erscheint zulässig) und als Schnelläufer ausgebildet sein, da der sich dann ergebende kleine Ankerdurchmesser und kleine Luftraum die Streuung verringert. Für kleinere Motoren kommen auch Kondensatoren in Frage; so wurde ein Motor von 15 kW mit 60 μF auskompensiert. Für größere Motoren kommt der umlaufende Phasenkompensator nach Scherbius mit Vorteil zur Anwendung, während der Kappsche Vibrator betriebsmäßig weniger geeignet erscheint. In dem Bleiberger Bergbaubezirk hat nach K. Hegewald[28]) bei abnehmender Belegschaft durch Einführung des el. Betriebes die Fördermenge zugenommen und betrug im Jahre 1916: 8710 t Bleierze, 1866 t Zinkerze und 80,6 t Gelbbleierze aus 96825 t hältigem Hauwerk. S. G. Gassaway[29]) berichtet über vergleichende Versuche des Antriebes von Schwengelpumpen im Gebiet der kalifornischen Ölquellen durch Gasmaschine, Dampfmaschine mit Öl- und Gasfeuerung und Elektromotor. Bei 30 untersuchten Brunnen von 810 bis 1080 m Tiefe ergaben sich für den el. Antrieb die geringsten Betriebskosten.

L. Rothera[30]) beschreibt eingehend den el. Antrieb von Blechwalzwerken, Drahtstraßen und Blockstraßen. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Bauart des mit etwa 100 m/s umlaufenden Schwungrades von Ilgnerumformern. Zur Vermeidung innerer Spannungen empfiehlt es sich, Schwungräder größeren Gewichtes nicht mehr aus einem Stück, sondern mit axial geteiltem und verschraubtem Kranz herzustellen. In den Frodingham Eisen- und Stahlwerken in Scunthorpe Lincolnshire[31]) wurde eine mit Dampf betriebene Triostraße mit Schwungrad von 10 t Gewicht für el. Betrieb umgebaut. Bedingung war, daß die Spitzenleistung von 650 kW nicht überschritten wurde, da mehr Energie nicht zur Verfügung stand. Durch Versuche an der Grob- und Feinstraße ergab sich ein Schwungradgewicht von 35 t mit einem Schwerpunktshalbmesser von 1700 mm. Ausgeführt wurden 45 t mit 4100 mm Durchmesser. Zum Antrieb wurde ein Gleichstromverbundmotor mit Wendepolen von 550 kW mit 20% Geschwindigkeitsabnahme und Regelung zwischen 72 und 180 Umdr./min gewählt. Der Umbau war so vorbereitet, daß er in 11 Tagen vollendet werden konnte. Durch eine wassergekühlte Backenbremse kann das Schwungrad in ein bis zwei Minuten stillgesetzt werden. Im Jahre 1918 besaß England drei vollkommen el. betriebene Walzwerke größerer Leistung[32]). Eine bemerkenswerte Zusammenstellung von el. Walzwerksantrieben in Amerika nebst Vergleichen mit Dampfantrieben bringt C. E. Clewell[33]).

Landwirtschaftlicher Betrieb. In Frankreich hat sich der Staat der Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft[34]) in weitgehendstem Maße angenommen. Nach Besprechungen auf dem Kongreß in Lyon im Jahre 1914 sollten die Wasserkräfte mit staatlicher Unterstützung ausgebaut und in erster Linie zur Versorgung der Landwirtschaft herangezogen werden. Kraftwerke für rein landwirtschaftlichen Betrieb wurden vom Ministerialdirektor M. Dabat wegen Unwirtschaftlichkeit abgelehnt, dagegen sollen die für Kriegszwecke

errichteten Werke auf die Landwirtschaft, insbesondere zur Düngererzeugung umgestellt werden. Die fehlende Gespannkraft kann durch den Elektropflug zum Teil ersetzt werden. A. Dellamarre[34a]) behandelt ausführlich den Kraftbedarf zum Pflügen verschiedenen Bodens bei verschiedener Tiefe und vergleicht die einzelnen Systeme. Die Kosten für el. Pflügen stellen sich bei einem Strompreis von 16 Pf/kWh auf 48 M täglich bei 4 ha gepflügten Bodens und 12 Arbeitsstunden. Dazu kommen noch etwa 16 M für den Pflugführer und Maschinenwärter, Verzinsung und Abschreibung der Anlagekosten usw. für ein Gut von etwa 350 ha mit etwa 35 M/ha und Jahr. Man rechnet auf 1 ha und Tag etwa 50 M, in besonders günstigen Fällen auch nur 40 M. Von einem Elektropflug können im Jahre 700 bis 800 ha bearbeitet werden, und da sich erst bei etwa 300 ha el. Pflügen lohnt, empfiehlt sich bei kleineren Gütern ein Zusammenschluß. Durch besonders leichte Bauart zeichnet sich der Filletpflug und der Pflug der Soc. de Construction du Nord et de l'Est (Jeumont)[35]), die beide in Frankreich sehr beliebt sind, aus. Ein Filletpflug von 4 t soll die gleiche Zugkraft wie ein Siemenspflug von dreifachem Gewicht ergeben. Ein Pflug mit Zugmaschine bearbeitet etwa 240 ha im Jahr.

Den Versuchen über Steigerung der Ernte durch Einwirkung von el. Entladungen wurde besonders in England große Aufmerksamkeit zugewandt[36]). Gute Erfahrungen wurden nach S. E. Britton mit Netzen veränderlicher Drahthöhe gemacht, die entsprechend dem Pflanzenwuchs nachgestellt werden. Die Bestrahlung erfolgt von 6 bis 8h vm. und 6 bis 8h nm., an trüben Tagen außerdem von 12 bis 2h mitt., im ganzen etwa 122 h. Im Gegensatz zu den bei 1 m Drahtabstand nur etwa 0,5 m über der Pflanze gespannten Netzen nach Lemström wendet die Agricultural Electric Discharge Co. nach J. Jörgensen[37]) Netze von mehr als 5 m Höhe bei 10 bis 30 m Drahtabstand an, allerdings mit einer Spannung von 50 bis 70 kV gegenüber einer solchen von nur 5 kV. Das Netz wird zweckmäßig positiv geladen, die Stromdichte beträgt 0,25 mA/ha. Der Drahtdurchmesser hat keinen erheblichen Einfluß und beträgt zwischen 0,3 bis 0,6 mm. Die Spannungen entsprechen der Stromdichte und der Netzhöhe und betragen für Netzhöhen von 5, 2 und 1 m bei einer Stromdichte von 10^{-8} A 45, 20 und 11 kV, während sie bei einer solchen von 10^{-7} A proportional bis zu 110, 50 und 25 kV ansteigen. Lodge und Priestley[38]) versuchten an Stelle der Quecksilbergleichrichter Glühkathodenröhren, die sich aber nicht als betriebssicher erwiesen. Am geeignetsten wurde ein Induktorium mit Wehneltunterbrecher befunden. Bemerkenswert ist, daß durch die Bestrahlung ein Absterben von Würmern und Insekten im Boden bemerkbar sein soll.

Sonstige Antriebe. In den Ver. Staaten sind infolge des Krieges neue Werften in Menge entstanden. Im Interesse der schnelleren Fertigstellung wurde z. B. die Schiffswerft in Newburgh[39]), die Schiffe von 9000 t herstellt, mit Ausnahme eines Gebläses und einer Biegemaschine (für die beide Geschwindigkeitsregelung erforderlich war) durchweg mit Einzelantrieb durch Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker, und zwar, da Motoren geeigneter Sonderausführung in der Eile nicht zu beschaffen waren, mit Riemenübertragung versehen. — Die Anwendung der Elektrizität auf den Schiffen selbst[40]) ist weiter ausgedehnt worden. Besonders Tankdampfer sind in Amerika mit rein el. betriebenen Hilfsmaschinen ausgestattet, die Kraft wird von zwei bis drei Maschinensätzen von 60 bis 100 kW geliefert, die Steuerung erfolgt mit Ausnahme der Ankerwinden wegen Feuersgefahr von dem Hauptmaschinenraum aus. Auch el. Schraubenantrieb wird von der Pennsylvania Shipbuilding Co. in Gloucester City N. Y. mit zwei gemeinsam auf eine Schraube arbeitenden Drehstrommotoren von je 1100 kW zur Ausführung gebracht. — Für die Normalisierung der Motoren, in der man in Amerika bereits ziemlich weit fortgeschritten ist, stellt E. Adler[41]) bemerkenswerte Gesichtspunkte zusammen und tritt für Vereinfachung ein unter Hinweis, daß beispielsweise bei einer Großfirma zwischen 0,1 und 6 kW für 220 V sieben Größen mit 96 Zusammenstellungen von Leistung und Umlaufs-

zahl listenmäßig geführt werden. Er schlägt vor, die Umlaufszahl ähnlich wie bei Drehstrom auch für Gleichstrom zu stufen, übersieht aber die dabei auftretenden Schwierigkeiten keineswegs. — Von der AEG werden für Gleichstrom und Drehstrom Regulieranlasser für Schnellpressen[42]), die stoßfreies Anlassen und Stillsetzen ermöglichen, auf den Markt gebracht. Die Frage des Anlassens von Gleichstrom-Reihenschluß- oder Verbundmotoren bis 15 kW mit einstufigem Anlasser sowie von Nebenschlußmotoren bis 10 kW mit zweistufigem Anlasser wird auch in Amerika günstig beurteilt[43]); allerdings muß ein erheblicher Anlaufstromstoß in Kauf genommen werden. Beim Bau der elektrischen Schnellbahn in Berlin[44]) wurde von der Anwendung der Elektrizität weiterhin vorteilhafter Gebrauch gemacht. — Eingehend behandelt Wintermeyer[45]) die Anwendung des el. Antriebes bei den Förder-Ofenbeschickungs- und Verladeanlagen von Gaswerken. — Der gleiche Verfasser[46]) betont die Bedeutung des Wechselstromkollektormotors für Einphasenstrom und Drehstrom, die in den verschiedensten Leistungen von verschiedenen Werken in den Handel gebracht werden, sowie der Doppelkollektormotoren nach Deri von BBC. Zur Steuerung der Motoren auf der Laufkatze durch Bürstenverschiebung sind von verschiedenen ausführenden Firmen gute Lösungen gefunden worden. — Eine große Klappbrücke bei Keadby[47]) für Bahn und Fuhrverkehr wird bei einer Spannweite des beweglichen Teiles von 40 m von zwei Gleichstrommotoren von je 85 kW, von denen einer allein zur Notbedienung genügt, betätigt. Die Signaleinrichtungen der Bahn sind mit der Lage der Brücke el. verriegelt, Endausschalter verhüten ein Übertreiben, auch bei ungünstigem Wind, durch el. Bremsung. — G. B. Barham[48]) beschreibt eine amerikanische Schuhfabrik, bei der auch die Heizung der Maschinen unter Vermeidung von Heizdampfleitungen el. erfolgt. Für einige wenige Arbeitsvorgänge muß dann allerdings Dampf auf el. Weg erzeugt werden.

[1]) Helios Exportz. S 619. — [2]) Wintermeyer, Z. Ver. D. Ing. S 668, 681. — [3]) C. E. Clewell, El. World Bd 70, S 850, 946, 1048, 1092, 1145, 1238; Bd 71, S 87, 250; Bd 72, S 153, 198, 302. — [4]) G. Kühne Schweiz. Bauztg. Bd 71, S 61. — [5]) E. Immerschitt, Helios Fachz. S 233, 241, 250, 321. — [6]) E. Immerschitt, Helios Fachz. S 89, 97. — [7]) E. Immerschitt, Helios Fachz. S 393, 405, 409. — [8]) Wintermeyer, Jl. Gas Wasser S 126, 137. — [9]) C. Blauel, ETZ S 449. — [10]) P. M. Grempe, Helios Fachz. S 36. — [11]) C. E. Clewell, El. World Bd 71, S 196. — 12) El .World Bd 70, S 617. — [13]) K. Trott, Helios Fachz. S 297, 305, 318. — [14]) K. Trott, Helios Fachz. S 337, 349. — [15]) D. R. Shearer, El. World Bd 71, S 968. — [16]) W. A. Black, El. World Bd 71, S 821. — [17]) C. E. Clewell, El. World Bd 72, S 253. — [16]) El. Anz. S 252. — [19]) Mitt. BBC S 24. — [20]) P. Weiske, Mitt. AEG S 9. — El. Masch.-Bau Anz. S 197, 205. — Mitt. BBC S 5. — [21]) P. Weiske, Mitt. AEG S 19. — [22]) J. E. Mellett, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 657, 682. — [23]) P. M. Grempe, Helios Fachz. S 253. — [24]) C. E. Clewell, El. World Bd 71, S 354; Bd 72, S 152. — [25]) Wintermeyer, Helios Fachz. S 9, 17. — [26]) Wintermeyer, Helios Fachz. S 227. — [27]) Chris. Jones, El. Rev. (Ldn.) Bd 83, S 126. — [28]) K. Hegewald, El. Masch.-Bau S 56. — [29]) S. G. Gassaway, El. Masch.-Bau S 322. — [30]) L. Rothera, El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 58; Bd 82, S 165. — [31]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 603. — [32]) Engineering Bd 105, S 282. — [33]) C. E. Clewell, El. World Bd 71, S 250. — [34]) Rev. Gén. El. Bd 4, S 352. — El. World Bd 70, S 1204. — Mitt. AEG S 13. — [34a]) A. Dellamarre, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 603, 631. — [35]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 128, 150. — [36]) S. E. Britton, El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 101. — Electr. (Ldn.) Bd 80, S 641. — [37]) J. Jörgensen, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 122. — [38]) O. Lodge u. Priestley, El. Masch.-Bau S 182. — [39]) W. H. Easton, El. World Bd 72, S 160. — El. Masch.-Bau S 528. — D. Elwell, El. World Bd 71, S 42, 506. — [40]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 22. — W. Kaemmerer, El. Masch.-Bau S 202. — [41]) E. Adler, ETZ S 381, 394. — [42]) P. Weiske, Mitt. AEG S 80. — P. M. Grempe, Helios Fachz. S 261. — [43]) C. E. Clewell, El. World Bd 72, S 60. — [44]) P. M. Grempe, Helios Fachz. S 149, 157, 165. — [45]) Wintermeyer, El. Anz. S 77, 83, 89, 95, 101, 112. — [46]) Wintermeyer, El. Anz. S 287, 297, 312. — [47]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 516, 536. — [48]) G. B. Barham, El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 219.

VII. Verschiedene mechanische Anwendungen der Elektrizität.

Metallbearbeitung mittels elektrischer Erwärmung. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin. — Elektrisches Heizen und Kochen. Von Dr. Bruno Thierbach, Berlin. — Elektrische Zündung. Von Dipl.-Ing. Julius Spiegel, Charlottenburg. — Elektrische Regelung. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin. — Elektrische Scheidung. Von Direktor Dip.-Ing. Julius Bing, Eisenach.

Metallbearbeitung mittels elektrischer Erwärmung.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

Elektrisches Schweißen. Selten hat eine so lange Jahre bekannte und doch nur verhältnismäßig in geringem Umfang benutzte Arbeitsmethode plötzlich einen so großen Aufschwung genommen und einen so umwälzenden Einfluß ausgeübt wie das elektrische Schweißverfahren auf den Schiffbau. Auch hier war der Krieg der große Lehrmeister. Als es sich darum handelte, für den verlorenen Schiffsraum so schnell wie möglich Ersatz zu schaffen, trotzdem der Krieg die meisten und besten Arbeitskräfte der Industrie bereits entzogen hatte, mußten alle Mittel erwogen werden, zeitraubende und kostspielige Arbeitsmethoden durch andere zu ersetzen. Die meiste Zeit und die geübtesten Kräfte erfordern beim Bau des Schiffskörpers die Nietarbeiten. Da faßte man zuerst in England den großartigen Gedanken, den gesamten Schiffskörper elektrisch zu schweißen, indem man die Spanten zunächst durch Punkt- und Stumpfschweißung vereinigte und dann mit den Platten durch Lichtbogenschweißung verschmolz. Einen kurzen Bericht über die Ausdehnung, die auf diesem Gebiet das el. Schweißen in England genommen hat, erstattet H. M. Hobard[1]). Die gebräuchlichen Arbeitsweisen wurden in einem Vortrag vor dem Inst. of Eng. a. Shipbuilders of Scotland im Januar 1918 erörtert. Ein weiterer Bericht[2]) meldet, daß sich das erste in England erbaute Schiff in jeder Weise bewährt hat, und daß in Amerika mehrere Schiffe von 10000 t im Bau seien, bei welchen nur 2½% Nieten gebraucht würden. Man hofft auf eine Ersparnis von 25 bis 40% an Zeit und 10% an Kosten.

Wie hieraus schon hervorgeht, hat Amerika die Versuche, als sie bekannt wurden, sofort aufgegriffen und beim Bau seiner Hilfsflotte nutzbar gemacht. In welch großzügiger Art das geschah, geht aus der Dezembernummer der Gen. El. Rev. hervor, die als Sonderausgabe für das el. Schweißverfahren mit Beiträgen von 24 Autoren herausgegeben wurde, die das ganze Gebiet in so eingehender Weise behandeln und durch so zahlreiche Abbildungen erläutern, daß das Studium dieser Nummer jedem anzuraten ist, der sich auf diesem Gebiet unterrichten will. — David B. Rushmore[3]) beleuchtet allgemein die durch den Krieg geschaffene Lage des Schiffbaues und das Schiffbauprogramm, das sich seiner Überzeugung nach erst durch die el. Schweißung verwirklichen läßt, und glaubt, daß das el. geschweißte Schiff in Zukunft die Regel und das genietete die Ausnahme sein werde. — A. Adams[4]) gibt in einem zweiten Aufsatz eine Übersicht über alle Punkte, die mit dem el. Schweißverfahren zusammenhängen. Hierbei sei erwähnt, daß in Amerika ein besonderes Komitee zur Untersuchung gebildet wurde unter dem Namen „The Welding Committee of the United States Shipping Board Emergency Fleet Corporation", dessen Präsident Prof. Adams von der Haward-Universität wurde. Dieser Ausschuß wurde gebildet aus Vertretern der englischen und amerikanischen Regierung, der Hilfsflotte, der Universitäten und Hochschulen, der Versicherungsgesellschaften, des Schiffbaues, der el. Industrie, soweit sie Schweißapparate herstellt, und noch weiteren Vertretern der Metallindustrie. — H. M. Hobard[5]) hat

im Herbst 1917 den ersten Versuchen in England beigewohnt, die unter der Leitung der britischen Admiralität und Lloyds Register vorgenommen wurden und zum Bau des ersten Kanalbootes führten. Er verbreitet sich über die Gleichwertigkeit des Schweißverfahrens mit den Nieten. Technisch gäbe es keine Neuheiten auf diesem Gebiete, notwendig sei aber das Sammeln von Werkstattserfahrung und die Heranbildung geeigneter Kräfte. — John Liston[6]) beansprucht die Priorität für das erste nach dem el. Schweißverfahren hergestellte Boot für Amerika. Der erste englische Kanalkreuzer von 275 t lief im Juni 1918 von Stapel, während in Amerika Geary bereits vor 3 Jahren in Ashtabula ein Boot von ca. 42 Fuß Länge erbaute, das sich in jeder Beziehung bewährte und selbst schwere Unfälle ohne Beschädigung der Schweißnähte überstand. Interessant ist, daß dieses Boot selbst als Reparaturboot für el. Schweißung eingerichtet war. — H. G. Knox[7]) beschreibt verschiedene Anwendungen auf Schiffswerften zur Reparatur von Schiffskesseln, Maschinengehäusen, Zahnrädern, Schiffsschrauben und bringt vergleichende Kosten mit anderen Arbeitsweisen. — W. L. Roberts[8]) behandelt besonders die Lichtbogenschweißung auf Schiffswerften. — H. Jasper Cox[9]) gibt die Resultate von Festigkeitsuntersuchungen, die im Auftrag der Klassifikationsgesellschaften unternommen wurden. Diese erstreckten sich auf Bruchfestigkeit, Dehnung, Biegung, Scherfestigkeit usw. und ergaben die absolute Zuverlässigkeit des Schweißverfahrens. — E. E. MacNary[10]) beschreibt die Organisation zur Heranbildung neuer Arbeitskräfte, die unendlich wichtig ist, wenn man bedenkt, daß gegenwärtig siebenmal mehr Menschen im Schiffbau benötigt werden als im Jahr zuvor. — H. A. Herner[11]) befaßt sich ausschließlich mit der Heranbildung el. Schweißer. Die für diesen Zweck ausgearbeiteten Übungsmethoden und Einrichtungen geben ein anschauliches Bild des Lehrganges. Verschiedene Gesellschaften, darunter die GEC, haben danach besondere Lehrwerkstätten eingerichtet, von wo aus ausgebildete Arbeiter an die Schiffswerften abgegeben werden. — John A. Seede[12]) bringt eine Übersicht über die Entwicklung des Lichtbogen-Schweißverfahrens von seinen ersten Anfängen an. — B. C. Tracy[13]) beleuchtet die Wichtigkeit und den Umfang, den die Lichtbogenschweißung im Eisenbahnbetrieb angenommen hat. Besondere Beachtung verdient die Tatsache auch für deutsche Verhältnisse, daß die Reparaturzeit für Lokomotiven so erheblich abgekürzt werden konnte, daß der Prozentsatz der außer Dienst befindlichen bedeutend herabging. Geschweißt werden hauptsächlich Heizröhren, Feuerbuchsen, Rahmen, Bandagen. Interessant ist die Ausbesserung der Bandagen von Lokomotivrädern, ohne daß die Lokomotive aus dem Betrieb genommen wurde.

R. E. Wagner[14]) beschreibt die Herstellung von Behältern als Kasten für Öltransformatoren, Wasserbehältern usw. und die Methoden ihrer Prüfung. Besonders erwähnt sei die Herstellung eines geschweißten viereckigen Probebehälters von 4 · 3 · 3,5 m Seitenlänge, von ½ Zoll Blechstärke für die Emergency Fleet Corporation und seiner Prüfung bis zum Aufreißen der Schweißnähte. Welchen Umfang die el. Schweißung bei der GEC angenommen hat, geht aus der Tatsache hervor, daß mehr als 4000 Behälter aus Kesselblechen von 1,5 bis 15 mm Stärke mit annähernd 130000 m Schweißnaht mit Metallelektroden und etwa 50000 Behälter aus Wellblech mit 800000 m Schweißnaht mit Kohlenelektroden geschweißt wurden. Die Abbildungen geben bemerkenswerte Einzelheiten wieder, besonders zeigen sie, daß auch automatisch arbeitende Lichtbogenschweißeinrichtungen verwendet werden, besonders für Längsnähte, wobei man nicht auf die Geschicklichkeit des Arbeiters angewiesen ist. — Die beigefügten Normalblätter für die verschiedenen Blechstärken und Schweißverbindungen sind sehr wertvoll. — Joseph A. Osborne[15]) beschreibt die Herstellung von ganz aus Stahl gebauten Eisenbahn-Güterwagen. Bei diesen wird der Rahmen und Kasten durch transportable, nach Art der Nietmaschinen gebaute el. Widerstands-Schweißmaschinen mittels Punktschweißung zusammengeschweißt. Die Wagen haben sich vorzüglich bewährt. — H. Lemp und

J. R. Brown, Jr.[16]) machen Angaben über die Anwendung der el. Schweißverfahren in den Werkstätten der GEC in den Eriewerken.

W. L. Merrill[17]) berichtet über Untersuchungen der Punktschweißung von sehr starken Platten. Zu diesem Zweck wurde eine Maschine gebaut für einen Transformator von 2000 kVA bei 100000 A und 20 V und einem hydraulischen Druck von 36 t auf den Elektroden. Die Versuche wurden ausgedehnt auf Platten bis 12 mm Stärke. Es zeigte sich, wenn so starke Ströme verwendet werden, daß es vorteilhaft ist, mittels zweier Transformatoren gleichzeitig einen Doppelpunkt zu schweißen, um die Selbstinduktion aufzuheben. Es ergab sich aber auch, daß mit geeigneten Apparaten die Anwendungsmöglichkeit der Punktschweißung bei Eisenkonstruktionen unbegrenzt ist.

H. A. Winne[18]) beschreibt die Anwendung der Punkt- und Stumpfschweißung im Schiffbau. Als Ergebnis der vorbeschriebenen Versuche wurden drei schwere Schweißmaschinen gebaut, welche nunmehr im Schiffbau Verwendung finden. Die Vorteile der Punktschweißung bestehen darin, daß die Verbindung fast 100% der Festigkeit des Materials erreicht, besonders wenn eine doppelt versetzte Reihe verwendet wird, im Gegensatz zur Vernietung, bei welcher das Material durch die Nietlöcher geschwächt wird. Der Umstand, daß die Schweißmaschinen sehr groß und schwer werden, macht sie geeigneter für die Verwendung in den Werkstätten als auf den Hellingen. — J. M. Weed[19]) berichtet über die weitere Entwicklung dieser Maschinen als Ersatz für die hydraulischen Nietmaschinen. Eine oberflächliche Untersuchung ergab, daß eine Maschine mit 30 cm Bügelweite für 80% aller vorkommenden Arbeiten und eine weitere mit 70 cm Bügelweite für die restlichen 20% genügen würde. Der maximale Strom wurde mit 37500 A und der Höchstdruck mit 12000 kg festgestellt; dieser wird mit Hilfe eines Preßluftzylinders erzeugt. Diese Maschinen sind noch so eingerichtet, daß sie mit Hilfe eines Kranes beweglich bedient werden können. — Eine weitere Maschine für Doppelpunktschweißung und einer Bügelweite von 2 m wurde gebaut. Diese Maschinen werden zu schwer, als daß sie beweglich eingerichtet werden konnten. Sie dienen zum Schweißen von ¾zölligen Platten. Um zu große Selbstinduktion zu vermeiden, werden zwei Sätze von Elektroden angewandt. Die dazu gehörenden Transformatoren sind auf der dem Arbeitsstück abgewandten Seite angebracht und für entgegengesetzte Polarität geschaltet. Jeder benötigte bei 440 V 350 kVA. Vorteilhaft ist es, sie durch einen Motorgenerator mit schwerem Schwungrad zu speisen.

W. G. Moody[20]) beschreibt Sonderausführungen von Transformatoren für die el. Widerstandsschweißung und Lichtbogenschweißung. Für erstere ist eigentümlich die Verwendung von wassergekühlten Röhren als Sekundärwicklung. Für Lichtbogenschweißung sind keine besonderen Abweichungen vom gebräuchlichen Bau erforderlich. Vorteilhaft ist bei Verwendung von Wechselstrom die Reihenschaltung, bei welcher ein Haupttransformator mehrere in Reihe geschaltete Einzeltransformatoren speist. — P. O. Noble[21]) beschreibt einen Umformersatz für Gleichstrom von konstanter Spannung in Strom von konstanter Energie für die Lichtbogenschweißung. Er besteht im wesentlichen aus einem Verbundmotor in Reihe geschaltet mit der fremd erregten gegencompoundierten Schweißmaschine. Mehrere Oszillogramme zeigen die Überlegenheit dieser Maschine gegenüber der Verwendung der konstanten Netzspannung, wobei außerdem bedeutend an Energie gespart wird.

W. E. Rüder[22]) bringt eine Untersuchung der Lichtbogenschweißung vom metallurgischen Standpunkt. Die physikalischen Eigenschaften der Schweißstelle hängen hauptsächlich von fünf Faktoren ab, nämlich 1. der Kristallstruktur, 2. den Gaseinschlüssen, 3. den Schlackeneinschlüssen, 4. von Verunreinigungen, 5. von Legierungen. In welcher Weise diese die Festigkeitseigenschaften beeinflussen, geht aus den metallographischen Mikrophotographien hervor. — J. A. Capp[23]) berichtet über ähnliche Versuche mit der Widerstandsschweißung. Es wurden drei Versuchsreihen gemacht, nämlich 1. sehr hoher Strom für längere Zeit, 2. kleinerer Strom für geringere Zeit, 3. gerade genügender

Strom für die geringste noch zum Schweißen erforderliche Zeit. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, daß die letzte Versuchsanordnung die besten Ergebnisse hatte und die Schweißstelle sich kaum vom verwendeten Material unterschied.

E. F. Collins und W. Jacob[24]) beschreiben das Verschweißen von Ankerstäben mit den Endringen von Käfigläufern durch die Widerstandsschweißung. Eine Spezialmaschine wurde gebaut, mit deren Hilfe sowohl die Läufer eines Motors von 1000 kW, als auch die von Motoren zu 3 kW geschweißt werden können. Außer Kupfer kann auch Messing und Rotguß auf dieselbe Weise geschweißt werden. Die so hergestellten Verbindungen sind denen durch Nieten und Löten hergestellten bedeutend überlegen und außerdem billiger.

W. G. Andrews[25]) beschäftigt sich eingehend mit dem Schutz der Augen beim Lichtbogenschweißen. Dieses wichtige Gebiet erforderte ein eingehendes Studium der ausgesandten Strahlen und der geeignetsten Gläser zur Absorbierung der schädlichen Strahlen. Gegen die sehr gefährlichen ultravioletten Strahlen gewähren Quarzgläser keinen Schutz, dagegen schützt gewöhnliches dunkel-bernsteinfarbenes oder dunkel-bernsteinfarben-grünes Glas fast vollständig. — J. W. Ham[26]) macht zum Schluß noch einige Ausführungen über die Wahl geeigneter Ausrüstungen für die Lichtbogenschweißung, je nachdem Gleichstrom oder Wechselstrom zur Verfügung steht. Eine große Rolle spielen natürlich auch die ersten Anschaffungskosten, die dafür bewilligt werden. Sind diese hoch, so ist stets ein Umformersatz zu empfehlen, da die dauernden Kosten dadurch herabgedrückt werden.

Alle diese Aufsätze sind in der reichsten Weise mit Abbildungen ausgestattet und enthalten so genaue Angaben, daß man auf jede Frage eine Antwort finden kann.

Von weiteren Aufsätzen in anderen Zeitschriften sind noch kurz zu erwähnen A. M. Caudy[27]), welcher die hauptsächliche Ursache, daß das Verfahren bisher so wenig angewandt wurde, darin sieht, daß es zu wenig systematisch untersucht wurde und man daher auf die Zuverlässigkeit des Arbeiters angewiesen war. — J. Caldwell[28]) gibt gleichfalls einen Vergleich aller bisher gebräuchlichen Schweißverfahren mit dem elektrischen, dessen Vorteile er hervorhebt. — Jean Guerner[29]) behandelt dasselbe Gebiet, macht jedoch noch besondere Angaben über die verschiedensten Metalle und die dabei zu verwendenden Flußmittel. — R. H. Parsons[30]) berichtet über Schweißen gebrochener Radachsen. Ein Arbeiter kann im Tag auf diese Weise zwei Achsen von 100 mm Durchm. schweißen; die Kosten betragen nur $1/3$ einer neuen.— E. Rosenberg[31]) bringt einen Auszug aus einem Aufsatz von E. Oberg in Machinery über das Schweißen von Transformatorenkasten bei der GEC (siehe auch den Aufsatz von R. E. Wagner in der G. E. Rev.). Über die geschweißten Schiffe finden sich noch mehrere Beschreibungen[32]).

Über den hohen Stand der deutschen Schweißmaschinenindustrie gibt ein Aufsatz von B. Schapira[33]) Aufschluß, der eine Zusammenstellung von Widerstandsschweißmaschinen der bedeutendsten Firmen auf diesem Gebiete bringt; so von Pfretschmer, AEG, Desfa, Fäßler. Für die verschiedensten Fabrikationszweige sind Spezialmaschinen ausgearbeitet worden nicht nur zum Schweißen, sondern auch zum Löten. Im Anschluß an die Beschreibung der Widerstandsschweißmaschinen folgt die Lichtbogenschweißung und ihre besondere Anwendung für die Schienenschweißung. Die von der AEG gebaute Maschine von Krämer für konstanten Strom, welche sich ganz besonders zum Lichtbogenschweißen eignet, da sie keine Verluste in Widerständen bedingt, ist in Schaltung, Wirkungsweise und Charakteristik eingehend erläutert, besonders in welcher Weise sich diese je nach Einstellung von Eigen- und Fremderregung ändert. Die Akk.-Fabrik A.-G. verwendet diese Maschine zusammen gebaut mit einem Benzinmotor auf ihren Schweißwagen zur Schienenschweißung.

Elektrische Wärmeerzeugung für industrielle Zwecke behandelt Dwight D. Miller[34]). Die steigende Anwendung beruht seiner Ansicht nach auf der leichten und genauen Temperaturkontrolle, die bei gleichzeitiger Verbesserung des Endproduktes noch eine höhere Ausbeute ergibt. Beschreibung und Abbildung eines Lackierofens und eines Elektrostahlofens erläutern den Aufsatz. Der Verfasser gibt seiner Überzeugung Ausdruck, daß der Energiebedarf für die Wärmeerzeugung in Zukunft den Kraftbedarf für Motoren noch übersteigen wird. — Über Schmelzöfen für Metalle, die nicht zur Eisengruppe gehören, hielt derselbe Verfasser[35]) einen Vortrag vor dem Am. Inst. of Metals, in welchem er die Vorteile des el. Schmelzens und Verfeinerns, die Erfahrungen mit den verschiedenen Ofenarten erörterte. Während der Elektrostahlofen seit 11 Jahren in 17 verschiedenen Ausführungen im Gebrauch ist, sind für andere Metalle seit 4 Jahren erst vereinzelte Versuche unternommen worden. Rennerfelt und Gillet bauen Lichtbogenöfen, Conley einen Widerstandsofen, bei welchem der Graphittiegel das Schlußstück des Sekundärkreises eines Transformators bildet. Er hat ein Fassungsvermögen von 45 kg bei 12 kWh Stromverbrauch. Erwähnt ist noch der Hochfrequenzofen von Northrup, welcher bei 20 kg Einsatz 25 kWh verbraucht[36]). Der Schmelztiegel befindet sich bei ihm bekanntlich im Innern einer Hochfrequenzspule und bildet entweder selbst oder mit seinem Inhalt den Sekundärkreis. Infolge dieser Anordnung eignet er sich vorzüglich zum Schmelzen unter Vakuum oder in indifferenten Gasen. — Ebenfalls über den gegenwärtigen Stand des Schmelzens von Kupferlegierungen handelt ein Aufsatz von H. M. St. Johns[37]).

Eisengießerei. Fortschritte durch Anwendung des el. Ofens[38]) wurden dargelegt auf der Versammlung amerikanischer Gießereifachleute in Boston. Mit seiner Hilfe kann ein Eisen von sehr niederem S-Gehalt erzielt werden, das sich vorzüglich für die Zylinder von Flugzeugmotoren eignet. Die Kosten für Elektrodenmaterial, Zuschläge, Ofenauskleidung, sowie die Löhne werden angegeben. Wie groß der Einfluß dieser Betriebe auf die Kraftwerke ist, geht daraus hervor, daß in Nordamerika 200 Öfen mit einer jährlichen Erzeugung von 1,2 Mill. t Stahl 750 Mill. kWh verbrauchen. Als verbesserungsfähig wird die selbsttätige Regelung bezeichnet; die Kosten eines Ofens betragen 15000 bis 25000 Dollar.

Die gebräuchlichen Ofensysteme, ihre Schaltungen und Verwendungszwecke, ferner Laboratoriumsofen behandelt in mehreren sehr eingehenden Aufsätzen Jean Escard[39]).

Über die Bedeutung des Elektroofens für die Metallurgie des Eisens und seiner Legierungen hielt H. Etchells[40]) einen Vortrag vor der Nat. Ass. Ind. Chemist. Besondere Vorzüge hat das el. Verfeinern von Stahl für die Herstellung von Schnellarbeitsstahl. Für das Verfeinern von 1 t Stahl werden 650 bis 800 kWh gebraucht, zum Erblasen aus Erz dagegen ungefähr 2225, so daß dieser Prozeß nur da verwendet werden kann, wo billige Kraft, wie z. B. in Schweden, zur Verfügung steht. Das wichtigste Gebiet ist die Herstellung der Eisenlegierungen, wie F-Silizium, F-Chrom, F-Wolfram, F-Molybdän und F-Mangan. Diese benötigen durchschnittlich 10000 kWh für 1 t des Enderzeugnisses. Der Hochofenprozeß erfordert amorphe Kohle, die anderen amorphe Kohle oder Graphit als Elektrodenmaterial. Hierbei spielt die Preisfrage eine erhebliche Rolle. — Hier sei auch noch der Elektrostahlofen von Booth u. Hall[41]) erwähnt, welcher aus einem Drehstromnetz in Scottschaltung mit Zweiphasenstrom betrieben wird.

Einen Glüh- und Schmiedeofen für Stahl beschreibt W. Scott[42]). Hierbei sind besonders interessant die Versuche, welche gemacht wurden, ein geeignetes Widerstandsmaterial zu finden. Nachdem Versuche mit Kohle und Koks gescheitert waren, wurde Siliziumkarbid am geeignetsten befunden.

Ankerketten aus Elektrostahlguß wurden nach W. L. Merrill[43]) von der GEC auf Veranlassung der amerikanischen Flottenkommission hergestellt. Der riesig gesteigerte Bedarf machte es notwendig, von der gebräuchlichen

Herstellungsweise durch Schmieden abzugehen. Im Elektrostahlguß wurde ein Material gefunden, das es erlaubt, die einzelnen Glieder zu gießen. Die Prüfungsversuche sind eingehend beschrieben und ergaben, daß diese Ketten die nach dem alten Verfahren hergestellten an Güte wesentlich übertrafen. Die Zeitersparnis ist bedeutend. — Das Härten von Werkzeugen nach dem Elektrolytverfahren, bei welchem das Werkzeug durch Eintauchen in ein Elektrolyt zum Glühen gebracht wird, benötigt besondere Vorkehrungen zum Schutze der Schneiden[44]). — Das Härten von Gesteinsbohrern im Salzbadeofen und seine Vorteile beschreibt K. Hilse[45]), indem er zahlreiche Abbildungen aus der Praxis bringt.

[1]) H. M. Hobard, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 379. — [2]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 319. — [3]) D. B. Rushmore, Gen. El. Rev. S 828. — [4]) A. Adams, Gen. El. Rev. S 836. — [5]) H. M. Hobard, Gen. El. Rev. S 840. — [6]) John Liston, Gen. El. Rev. S 844. — [7]) H. G. Knox, Gen. El. Rev. S 849. — [8]) W. L. Roberts, Gen. El. Rev. S 860. — [9]) H. J. Cox, Gen. El. Rev. S 864. — [10]) E. E. Mac Nary, Gen. El. Rev. S 871. — [11]) H. A. Horner, Gen. El. Rev. S 876. — [12]) John A. Seede, Gen. El. Rev. S 881. — [13]) B. C. Tracy, Gen. El. Rev. S 887. — [14]) R. E. Wagner, Gen. El. Rev. S 899. — [15]) J. A. Osborne, Gen. El. Rev. S 912. — [16]) H. Lemp u. J. R. Brown Jr., Gen. El. Rev. S 915. — [17]) W. L. Merrill, Gen. El. Rev. S 919. — [18]) H. A. Winne, Gen. El. Rev. S 923. — [19]) J. M. Weed, Gen. El. Rev. S 928. — [20]) W. G. Moody, Gen. El. Rev. S 935. — [21]) P. O. Noble, Gen. El. Rev. S 938. — [22]) W. E. Ruder, Gen. El. Rev. S 941. — [23]) J. A. Capp, Gen. El. Rev. S 947. — [24]) E. T. Collins u. W. Jacob, Gen. El. Rev. S 958. — [25]) W. G. Andrews, Gen. El. Rev. S 961. — [26]) J. W. Ham, Gen. El. Rev. S 967. — [27]) A. M. Caudy, Proc. Am. Inst. El. Eng. S 1159. — [28]) J. Caldwell, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 680. — El. Rev. Bd 82, S 77, 117. — Engineering Bd 105, S 133. — [29]) J. Guerner, Rev. Gén. El. Bd 3, S 173. — [30]) R. H. Parsons, El. Rlwy. Jl. Bd 51, S 1136. — [31]) E. Rosenberg, El. Masch.-Bau S 545. — [32]) El. World Bd 71, S 683; Bd 72, S 705. — El. Rev. (Ldn.) Bd 83, S 124. — Electr. (Ldn.) Bd 81, S 619. — El. Masch.-Bau S 533. — [33]) B. Schapira, Helios Fachz. S 49, 58. — [34]) Dwight D. Miller, El. World Bd 72, S 693. — [35]) Dwight D. Miller, El. World Bd 70, S 802. — [36]) El. World Bd 72, S 579. — [37]) H. M. St. Johns, El. World Bd 71, S 1129, 1216. — [38]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 702. — [39]) Jean Escard, Rev. Gén. El. Bd 3, S 545, 732. — [40]) H. Etchells, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 734. — [41]) Booth u. Hall, Stahl u. Eisen S 71. — Met. Chem. Eng. Bd 16, S 211. — [42]) W. G. Scott, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 271. — [43]) W. L. Merrill, Gen. El. Rev. S 388. — Engineering Bd 106, S 156. — [44]) El. Masch.-Bau Anhang S 125. — [45]) K. Hilse, Mitt. AEG S 85.

Elektrisches Kochen und Heizen.

Von Dr. Bruno Thierbach.

Dampferzeugung. Der Elektrizität als Wärmequelle wird in den nächsten Jahren ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden müssen. Die Lage des deutschen Wirtschaftslebens zwingt uns, mit unseren Steinkohlenschätzen so sparsam wie möglich umzugehen. Steinkohle ist eines der wenigen Produkte, die wir nach Friedensschluß sofort exportieren können, dient also unmittelbar dazu, unsere Valuta zu heben. Wir werden daher alles tun, um die wertvolle Kohle nicht im Inlande zu verfeuern, sondern sie für den Export freizumachen. Als einen sehr wichtigen Fortschritt muß man es nun bezeichnen, daß es gelungen ist, für die Dampferzeugung im großen el. geheizte Kessel ohne jedes besondere Widerstandsmaterial herzustellen. Das Wasser selbst bildet vielmehr den Widerstand und wird beim Durchgang des Stromes bis zur Dampfentwicklung erhitzt. Überall dort, wo Fabriken von einer Wasserkraft aus billig Strom erhalten und neben ihrem Kraftbedarf Dampf für technische Zwecke benötigen, werden diese Vorrichtungen von Nutzen sein, da sie die Fabriken von jeder Steinkohlenzufuhr unabhängig machen. Es liegen Beschreibungen eines von

Revel[1]) konstruierten und von der Firma Luigi Boselli, Mailand, gebauten derartigen Apparates und der von der AEG[2]) durchgebildeten Vorrichtungen vor.

Heizen und Kochen. Das gleiche Prinzip wird auch bereits für den Kleinverbrauch verwendet. F. Biermann hat einen derartigen Tauchsieder und eine Durchlaufkanne konstruiert, die keine besonderen Heizkörper enthält, einfach und billig herzustellen ist und auch zu größeren Reparaturen keinen Anlaß gibt[3]). — Eine allgemeine Betrachtung über Wert und Vorzüge der el. Wärmeversorgung für industrielle Betriebe gibt F. Rutgers[4]). Er berechnet, daß sich die Wärmemengen aus 1 kg Kohle und 1 kWh in günstigen Fällen wie 4 : 1 bis 3 : 1 verhalten, und daß man mit noch geringeren Verhältnisziffern auskommen kann, wenn Wärmemengen nur während gewisser Tages- oder Jahreszeiten gebraucht werden und wegen der steten Betriebsbereitschaft Dampfkessel dennoch dauernd in Betrieb gehalten werden müssen. Rutgers beschreibt ferner einige Ausführungsformen von el. Wärmeerzeugern, und zwar einen el. beheizten Kurzschlußkessel zum Aufheizen oder Speisen von „Boilern" für Brauereien, Färbereien, Wäschereien, chemischen Fabriken, Läden u. dgl., einen tragbaren Lufterhitzungsapparat für Gießereien und einen Apparat für el. beheizte Zirkulations-Luftheizung in Werkstätten.

Weitere allgemein gehaltene Abhandlungen finden sich über das el. Kochen[5]) [6]).

Über die im vorigen Jahrbuche erwähnte größere Abhandlung des Generalsekretärs des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins über den gegenwärtigen Stand der Technik der el. Kochapparate gibt Steinhardt[7]) einen ausführlichen Bericht.

Interessant sind Vergleichsrechnungen der bei den verschiedenen Heizungsarten entstehenden Kosten[8]). Der Verfasser kommt hier zu dem Ergebnis, daß el. Raumheizung nur rentabel ist, wenn der Heizstrom nicht mit seinem vollen Wert bezahlt werden muß. Um die Wirtschaftlichkeit der el. Raumheizung zu erhöhen, wird der Wärmeaufspeicherung fortgesetzt weitere Aufmerksamkeit zugewandt, besonders von Schweizer Firmen[9]).

Von Sonderanwendungen der Elektrizität als Wärmequelle seien noch erwähnt: die von O. Hasler mitgeteilten Betriebsergebnisse von Dampf- und el. Öfen[10]) und die Antworten auf eine Rundfrage der VEW über el. Backöfen sowie auf eine Anfrage über el. beheizte Brutapparate[11]); ein el. beheizter Vulkanisierapparat der AEG[12]); K. Hilse[13]), das Härten von Gesteinsbohrern in el. beheizten Salzbadöfen; Greenwood und Hutton[14]) beschreiben einen el. Widerstandsofen zum Schmelzen in Tiegeln; K. Hilse[15]), wechselweiser Betrieb zweier el. beheizter Salzbadhärteöfen von einem gemeinsamen Transformator aus; J. Escard[16]) die elektrothermischen Verfahren bei der Glaserzeugung. Zwei allerdings nicht als el. Heizung anzusprechende Verfahren mögen hier noch Erwähnung finden, da sie indirekt eine Verwendung der Elektrizität für Wärmezwecke darstellen. Es sind dies die Verwendung der Abwärme el. Maschinen und Transformatoren für Trocknungszwecke[17]) und zur Heizung von Innenräumen[18]) und die Benutzung el. Kraft für Eindampfanlagen[19]).

Vom Auslande liegen in der Hauptsache nur Mitteilungen aus England und Amerika vor, und zwar bringt R. G. Klöffler[20]) eine ausführliche Studie über den el. Wirkungsgrad. Mehrere Abhandlungen besprechen das Heizen und Kochen mit Elektrizität[21]), die el. Küche als Ergänzung der Großküche[22]). Von einzelnen Anwendungsgebieten werden öffentliche Volksküchen[23]), eine moderne Großküche[24]), el. Kochvorrichtungen im Straßenbahnwagen[25]) und eine tragbare el. Kochkiste[26]) besprochen. Einen el. Laboratoriumsofen für Analysen und sonstige Untersuchungen sowie experimentelle Grundlagen zur elektrothermischen Erzeugung hoher Temperaturen erörtert J. Escard[27]).

[1]) Revel, ETZ S 110. — [2]) H. Warschafski, Mitt. AEG S 46. — K. Trott, Helios Fachz. S 183. — [3]) F. Biermann, ETZ S 126. — Electr. (Ldn.) Bd 81, S 740. — [4]) F. Rutgers, Schweiz. Bauztg. Bd 71, S 181. — ETZ S 258. — [5]) Helios Fachz. S 375. — [6]) El. Kraftbetr. S 222. — [7]) Steinhardt, ETZ S 264. — [8]) Jl.

Gas Wasser S 442. — Z. bayer. Revis.-Ver. S 45. — [9]) Bull. Schweiz. EV S 119, 231. — [10]) O. Hasler, El. Masch.-Bau S 22. — Mitt. Ver. EW S 332. — [11]) Mitt. Ver. EW S 308, 370. — [12]) Mitt. AEG S 95. — [13]) K. Hilse, Mitt. AEG S 85. — [14]) Greenwood u. Hutton, ETZ S 210. — [15]) K. Hilse, Mitt. AEG S 42. — [16]) J. Escard, El. Masch.-Bau S 67. — [17]) ETZ S 120. — [18]) J. Nußbaum, Helios Fachz. S 344. — [19]) Bull. Schweiz. EV S 19. — [20]) R. G. Kloeffler, El. World Bd 71, S 357, 408. — Electr. (Ldn.) Bd 81, S 244. — [21]) H. B. Pierce, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1209. — A. F. Berry, Electr. (Ldn.) Bd 78, S 156. — El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 477, 485; Bd 82, S 241; Bd 83, S 25. — [22]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 477, 575, 689. — W. A. Gilliott, El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 479. — [23]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 344. — [24]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 357. — [25]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 440. — [26]) El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 443, 487, 511. — [27]) J. Escard, Rev. Gén. El. Bd 3, S 545.

Elektrische Zündung.

Von Dipl.-Ing. Julius Spiegel.

In **Deutschland** ist gegenüber dem Stand in den ersten Jahren des Krieges an den zur Anwendung gelangten Zündapparaten eine weitere Entwicklung nicht festzustellen. Lediglich bei Anlaßzündungen für vielzylindrige Flugmotoren findet man das Bestreben, das System zu vereinfachen unter Wahrung größtmöglichster Sicherheit gegen Frühzündungen.

Die Patentliteratur deutet darauf hin, daß die Entwicklung dahin geht, Apparate für möglichst hohe Umdrehungszahlen bzw. hohe Funkenzahlen in der Zeiteinheit zu schaffen. Bei den jetzt gebräuchlichen Apparaten ist die Grenze dadurch gegeben, daß bei zu hohen Umdrehungszahlen der Unterbrecher infolge der Fliehkraft seiner Massen nicht mehr einwandfrei arbeitet. Zur Anwendung gelangen folgende Mittel: 1. Die Konstruktion des Unterbrechers wird nach den Gesichtspunkten sehr geringer Massen, großer Federspannung und möglichst vollkommener Dämpfung der Eigenschwingungen ausgebildet[1]). — 2. Nicht nur die Öffnung, sondern auch die Schließung des Primärstromes wird zwangsläufig gesteuert[2]). — 3. Die Anzahl der Pole wird vermehrt, so daß bei einer Umdrehung eine größere Anzahl Funken erzeugt werden[3]). — Weiterhin läßt die Patentliteratur das Bestreben erkennen, für Automobilbetrieb die Lichtmaschinen konstruktiv mit dem Zündapparat zu vereinigen[4]).

In **Frankreich** ist man in den letzten Jahren bemüht, die inneren Vorgänge im Zündmagnet theoretisch zu durchleuchten, um Klarheit über die zur Erzeugung des Zündfunkens erforderliche Energie zu schaffen[5]). Man scheint in der letzten Zeit der Ansicht zuzuneigen, daß die anfangs angenommenen großen Energien nicht mehr erforderlich seien. Hierfür spricht besonders die im Verhältnis zu den früheren Apparaten jetzt gebräuchliche sehr kleine Bauart.

In **England,** das vor dem Kriege in bezug auf el. Zündapparate gänzlich von Deutschland abhängig war, sind in den letzten Jahren die größten Anstrengungen gemacht worden, eine eigene Industrie zu schaffen. Es sind etwa zwölf neue Fabriken ins Leben gerufen worden, die Zündapparate herstellen, allerdings zum größten Teil sklavische Nachahmungen von Bosch. Auf Grund wissenschaftlicher Untersuchungen und besonders ausgearbeiteter Prüfungsmethoden glaubt man jetzt den deutschen mindestens gleichwertige, wenn nicht überlegene Apparate herstellen zu können.

In den wissenschaftlichen Untersuchungen sucht man auf Grund von physikalischen Versuchen und Berechnungen den Verlauf der Kurven für Strom und Spannung in der primären und sekundären Wicklung festzustellen[6]). — Besonders erwähnenswert ist ein Apparat zur Bestimmung der Energie des Funkens auf Grund der vom Sekundärstrom erzeugten Wärme[7]). Ferner ein Apparat zur Prüfung der Magnete, der nach Art einer Laufgewichtswage aus-

gebildet ist, mit deren Hilfe die Anziehungskraft gemessen wird. Durch eine angebaute Spule kann die Anziehungskraft ganz oder zum Teil aufgehoben werden, so daß man in der Lage ist, aus den Messungen von Strom und Spannung der Spule sowie der Lage des Laufgewichts sich ein Bild über den Verlauf der Magnetisierungskurve zu machen[8]). Bemerkenswert soll sein, daß der Magnetismus des zu prüfenden Magnetes hierbei gar nicht oder doch nur verschwindend wenig leidet.

Da bei nicht ganz tadelloser Beschaffenheit der Kohle des Stromverteilers leicht sich infolge Zerstäubung leitende Brücken zwischen den einzelnen Metallsegmenten bilden, werden neuerdings sehr häufig an Stelle der Kohle Metallbürsten benutzt, die gegenüber den Segmenten 0,2 bis 0,3 mm Luft haben. Die hierbei dauernd entstehenden kleinen Funken machen es erforderlich, im Verteilerdeckel Luftöffnungen vorzusehen, um die durch die Ionisierung entstehenden gasförmigen Produkte entweichen zu lassen.

In der Literatur findet man weiterhin des öfteren eingehende Vergleiche zwischen Magnet- und Batteriezündung[9]). Die Nachteile der bisher zur Anmeldung gelangten Systeme der Batteriezündung sollen folgende sein: 1. Schlechte Konstruktion auf Grund falscher Dimensionierung der stromführenden Teile. 2. Zu kleine Unterbrecherkontakte. 3. Die fast ausschließliche Benutzung von Gleichstrom für die Primärspule, da Wechselstrom die Kontakte viel weniger angreife. Der heikelste Punkt wäre der nach Art des Wagnerschen Hammers arbeitende Unterbrecher (Trembleur). Eine völlig einwandfreie Konstruktion wäre bis heute noch nicht geglückt. Aus diesem Grunde würde neuerdings sehr viel das Einfunkensystem angewendet, bei welchem der durch die Primärwicklung fließende Strom durch einen mechanisch gesteuerten Unterbrecher erst im Moment der Zündung unterbrochen wird. Hierbei seien wieder zwei Systeme zu unterscheiden: 1. Das geschlossene System, bei welchem der Primärstrom über einen kleinen Ballastwiderstand kurz geschlossen ist und nur im Augenblick der Zündung geöffnet wird, um kurz darauf wieder geschlossen zu werden. 2. Das offene System, bei welchem der Stromkreis normal offen und nur unmittelbar vor der Zündung auf ganz kurze Zeit geschlossen wird. Der Ballastwiderstand muß kleiner als beim geschlossenen System sein, damit bei der kurzen Schließungsdauer die Stromkurve rasch genug anwachsen kann. Das offene System habe geringeren Stromverbrauch als das geschlossene, liefere aber Funken mit geringerer Energie. Im geschlossenen System könne wohl bei kleinen Umdrehungszahlen ein genügend kräftiger Funken erzeugt werden, der jedoch im Gegensatz zum Magnet bei steigender Tourenzahl immer schwächer wird. Der Vorteil des Magnets gegenüber der Batteriezündung beruhe hauptsächlich auf dem bei steigender Umdrehungszahl immer stärker werdenden Funken, der eine schnellere Verbreitung der Explosionswelle bewirkt, so daß keine so starke Frühzündung erforderlich wird.

Versuche in der Explosionskammer[10]) haben ergeben, daß die Steigerung der Energie eines einmal zur guten Zündung geeigneten Funkens keinen Einfluß auf die Leistung der Maschine habe. Verschiedene Mischungsverhältnisse erfordern verschiedene Energien, daher rühre die Ansicht, daß die Leistung der Maschine von der Energie des Funkens abhängig wäre. Man müsse die Energie des Funkens so bemessen, daß sie auch bei dem schlechtesten zur Anwendung kommenden Gemisch völlig ausreiche.

Der Zündmagnet in der heute gebräuchlichen Form ist außerordentlich vielteilig, deshalb findet man Versuche, die Anzahl der Teile durch konstruktive Maßnahmen zu verringern, um die Fabrikationskosten herabzusetzen und die Betriebssicherheit zu erhöhen. Ein Weg dafür ist der Bau von Apparaten mit feststehenden Induktionsspulen und rotierenden Polen, die aus Weicheisenblech zusammengesetzt sind und mit den Magneten in unmittelbarer magnetischer Verbindung stehen. Auf diese Weise werden vor allen Dingen sämtliche Schleifkontakte vermieden, die leicht Anlaß zu Störungen geben. Ein Vertreter dieser Bauart ist der Teaglemagnet[11]), der außerdem noch dadurch bemerkenswert

ist, daß er an Stelle von Hufeisenmagneten Stabmagnete besitzt, siehe Abb. 7. Das rotierende Kraftlinienleitstück *1* leitet die Kraftlinien entweder durch den Eisenkern im Inneren der feststehenden Spule *2* oder durch ein außen gelegenes Leitstück *3* hindurch. Als besonderer Vorteil dieser Bauart wird angeführt, daß im Spulenkern kein völliger Wechsel der Richtung der Kraftlinien, sondern nur ein Auf- und Abschwellen bei gleichbleibender Richtung stattfindet.

Eine weitere Konstruktion mit feststehendem Anker und rotierenden Spulenstücken ist die von der British Thomson-Houston Co., die im Aufbau dem weiter unten beschriebenen amerikanischen Apparat von Dixie (Abb. 8) durchaus ähnelt.

Amerika. In bezug auf die Entwicklung der el. Zündung ist ganz besonders hervorzuheben, daß in den letzten Jahren die Batteriezündung in immer steigendem Maße die Magnetzündung zurückdrängt. Während im Jahre 1914 von sämtlichen amerikanischen Automobilen (mit Ausnahme von Ford) nur

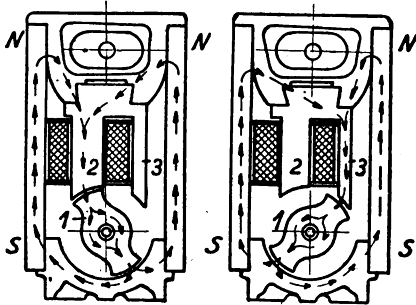


Abb. 7. Zündapparat von Teagle.

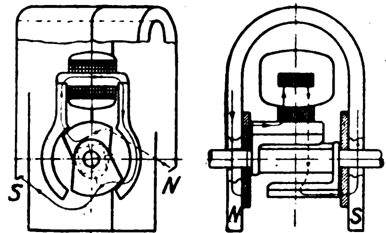


Abb. 8. Zündapparat von Dixie.

11,9% mit Batteriezündung ausgerüstet waren, stieg diese Zahl im Jahre 1917 auf 82,2% [12]). Die Ursachen hierfür dürften im folgenden zu finden sein: 1. wurde in der Zeit vor dem Kriege in Amerika kein zufriedenstellender Magnetapparat hergestellt. 2. Der Preis der Batteriezündung ist ein erheblich geringerer als der des Magnetapparates. 3. Die Batteriezündung ist vorzüglich anwendbar in Verbindung mit Licht- und Anlaßmaschinen. Die Batterie dient in diesem Falle nur zu Puffer- und Reservezwecken, der „Trembleur" ist vollkommen überflüssig.

Von Neukonstruktionen von Magnetapparaten verdient besondere Erwähnung der in der letzten Zeit herausgebrachte Zündapparat von Dixie[13]) (Abb. 8). Dieser Apparat beruht auf dem oben beschriebenen System mit stehenden Spulen und beweglichen Polschuhen. Infolge deren eigenartiger Ausbildung wird während einer Umdrehung die Richtung des Kraftlinienstromes in der Spule zweimal umgekehrt, so daß zwei Funken bei der Umdrehung entstehen. Zum Zwecke der Zündverstellung wird der gesamte Spulenträger zusammen mit dem Unterbrecher um die Drehachse geschwenkt, was den großen Vorteil mit sich bringt, daß im Gegensatz zu den sonst üblichen Bauarten für jede Stellung des Zündzeitpunktes die Zündung im Augenblick des stärksten Kraftlinienwechsels stattfinden kann.

[1]) Bosch, DRP 307978. — [2]) Bosch, DRP 307955. — [3]) Brown-Boveri & Co., DRP 304768. — Neiland Magneto Lt., DRP 306792. — [4]) Bosch, DRP 307956. — [5]) ETZ 1917, S 598. — Rev. Gén. El. Bd 3, S 276. — [6]) Electr. (Ldn.) Bd 79, S 922. — [7]) Engineering Bd 105, S 137. — [8]) Engineering Bd 103, S 559. — [9]) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 273, 416. — [10]) Engineering Bd 102, S 427. — [11]) El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 200. — [12]) Electr. (Ldn.) Bd 79, S 922. — [13]) Z. Flugtechn. u. Motorluftf. Heft 19/20.

Elektrische Regelung.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

Die selbsttätigen Kraftwerke und Umformerstationen, welche ohne jede Bedienung und Wartung sich je nach dem Strombedarf selbsttätig ein- und ausschalten, gehören unzweifelhaft zu den hervorragendsten Leistungen auf dem Gebiet der el. Regelung.

Die selbsttätige Wasserkraftanlage der Iowa Railway and Light Co. zu Cedar Rapids beschreibt J. M. Drabelle und L. B. Bonnett[1]). Sie besteht aus drei Maschineneinheiten von je 500 kVA bei 2300 V, angetrieben durch Vertikalturbinen und dient dazu, das Hauptkraftwerk, welches 20000 kVA an Dampfturbinen besitzt, zu unterstützen. Jeder Generator kann sich entweder selbst in Abhängigkeit von einem Schwimmer ein- und ausschalten oder auch mittels Druckknopf von dem Kraftwerk aus betätigt werden. Die Vorgänge werden über eine motorisch angetriebene Meisterwalze eingeleitet; der Einschaltvorgang dauert bis zur vollen Lastübernahme nur 40 s. Fernmelder gestatten die Vorgänge von dem Hauptwerk aus zu überwachen. — Selbsttätige Umformerstationen[2]) für Bahnanlagen sind ebenfalls bereits im Betriebe. Diese werden in Abhängigkeit von der Linienspannung mit Hilfe von Relais, einer Meisterwalze und Schützen geschaltet. Sie enthalten in der Regel einen Umformer und arbeiten in Anlagen für 600 bis 1200 V.

Steuerungen für Laufkrane behandelt C. E. Clewell[3]), besonders die Fälle in welchen Gleichstrom-Nebenschlußmotoren mit Feldänderung verwendet werden; ferner geht er auf die verschiedenen Senkbremsschaltungen näher ein.

Die **Stromrückgewinnung** bei den Lokomotiven der Chicago, Milwaukee und St. Paul-Bahn behandelt ein Aufsatz von W. F. Coars[4]). Hierüber und besonders über die dabei verwendeten Relais und Steuerapparate und Schaltung wird berichtet. Sicherheitseinrichtungen sorgen dafür, daß bei allenfalls auftretenden Schwierigkeiten, wie Stromunterbrechungen, Fehlen einer Netzbelastung usw., die Luftdruckbremsen eintreten. Solche Fälle sind wiederholt vorgekommen, ohne daß sie im geringsten zu einer Störung geführt hätten. Die Stromrückgewinnung wird durch einen selbsttätigen Regler geregelt, wobei die Höhe des Bremsstromes durch ein Relais bestimmt wird, das durch einen kleinen Regler auf jede Stromstärke vom Führer eingestellt werden kann.

Eine **elektromagnetische Kupplung** von W. L. Davies und A. Soames[5]), die nur ein konstantes Drehmoment überträgt, soll dazu dienen, Maschinen für konstanten Strom zu ersetzen; die Maschine ist mit einer Nebenschluß- und einer Gegenkompoundwicklung versehen. Der Nachteil besteht jedoch darin, daß keine Energie erspart, sondern im vollen Betrag des Unterschiedes der Tourenzahl mal Drehmoment auf den Reibflächen der Kuppelung in Wärme umgewandelt wird.

Elektrische Anlaßvorrichtungen für Kraftwagen nach den neuesten Ausführungen der verschiedenen Firmen, wie Automafam, Eisemannwerk, sowie der Haratexportgesellschaft beschreibt K. Trott[6]). Nach Erläuterung der verschiedenen Freilaufkuppelungen wird an Hand der Schaltbilder der Einschaltvorgang beim Inbetriebsetzen des Benzinmotors gezeigt. Sicherheitsvorrichtungen sorgen dafür, daß beim unvorsichtigen Schalten der Motor und das Getriebe keinen Schaden erleidet.

Relais. Eine systematische Zusammenstellung der in der Industrie gebräuchlichen Relais, wie Nullspannungs-, Überspannungs-, Maximal- und Minimalstrom-, Rückstromrelais für Motoren, Batterien, Speiseleitungen, sowie deren Anwendung für die verschiedensten Fälle bringt C. E. Clewell[7]). Interessant ist die Anwendung der Zitterrelais für Gleichstrommotoren mit Feldänderung, um die Stromstöße bei plötzlicher Feldschwächung zu verringern. Erwähnt sei noch ein Relais, das den Anlaßtransformator eines Kurzschlußmotors steuert.

[1]) J. M. Drabelle u. L. B. Bonnett, Proc. Am. Inst. El. Eng. S 496. — [2]) Rev. Gén. El. Bd 4, S 386. — [3]) C. E. Clewell, El. World Bd 71, S 149. — [4]) W. F. Coars, Gen. El. Rev. S 413. — El. Masch.-Bau S 549. — [5]) W. L. Davies u. A. Soames, Electr. (Ldn.) Bd 80,. S 613. — [6]) K. Trott, Helios Fachz. S 65, 73. — [7]) C. E. Clewell, El. World Bd 72, S 107.

Elektrische Scheidung.

Von Direktor Dipl.-Ing. Jul. Bing.

Elektromagnetische Scheidung. E. Fr. Ruß[1]) behandelt die elektromagnetische Erzaufbereitung unter eingehender Berücksichtigung des Wetherillscheiders. — Eine Neukonstruktion eines magnetischen Trockenscheiders, der nach dem Aushebeverfahren arbeitet, brachte die Donnersmarkhütte[2]) heraus.

Elektrostatische Scheidung. J. Saget[3]) gibt einen historischen Rückblick über die Entwicklung des Cottrellschen Verfahrens. Er beschreibt die Apparatur der Société de Purification industrielle des Gaz. Die Anlage der Kupferwerke der Consol. Mining & Smelting Co. in Trail (British Columbia) wird eingehend beschrieben[4]). Bradley[5]) veröffentlicht einen Auszug aus einem Aufsatz über die Anwendung des Cottrellverfahrens in der Praxis gelegentlich einer Versammlung der New Yorker Gruppe des American Institute of Mining Engineers. Er gibt darin ausführliche Angaben über Betriebskosten, den Einfluß der atmosphärischen Verhältnisse bei den verschiedensten Gasen und Dämpfen. Die Anwendung des Verfahrens ist schon recht zahlreich. Erwähnt seien die Reinigung der Pyritgase von Arsen- und Antimonstaub bei der Fabrikation der Schwefelsäure, das Ausscheiden von Oxyden, Sulfaten usw. bei der Verarbeitung von Silber, Kupfer, Zinn und Zinkerzen, die Reinigung der Generatorgase vor ihrer Einführung in die Zylinder der Gasmaschinen, das Auffangen von Zement- und Kalkstaub und schließlich das Auffangen der festen Bestandteile der Rauchgase. Auch in Deutschland sind entsprechende Versuche mit dem Cottrellverfahren in größerem Maßstabe im Gange; leider liegen Veröffentlichungen darüber noch nicht vor. — Eine Verbesserung des Verfahrens soll nach Angabe von C. F. Richert[6]) durch Berieselung der staubführenden Gase mittels eines el. geladenen Sprühregens eintreten. Der Sprühregen soll durch je nach der Art der Gase verschiedene Körper erzeugt werden, z. B. durch Quarzstaub, Magnesia, Wasser, Öl usw.

[1]) E. Fr. Ruß, El. Anz. S 197, 207, 231, 251. — [2]) Donnersmarkhütte: DRP Kl. 1b, Nr. 311387. — [3]) I. Saget, Rev. Gén. El. Bd 3, S 227. — [4]) El. Rev. (Ldn.) Bd 80, S 55. — [5]) El. Rev. (Ldn.) Bd 80, S 710. — [6]) Helios Fachz. S 14.

B. Elektrochemie.

VIII. Elemente und Akkumulatoren.

Elemente. Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg. — Akkumulatoren und ihre Verwendung. Von Oberingenieur Dr. Hermann Beckmann, Berlin.

Elemente.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Elemente mit flüssigem Elektrolyt. Das Chromsäureelement, welches vor einem Menschenalter in mannigfachen Formen für Kleinbeleuchtung oft benutzt wurde, heutzutage aber in physikalischen Kabinetten und bei Ärzten in kleinen Orten ein bescheidenes Dasein führt, ist Gegenstand von drei Patenten der Schuster-Patentgesellschaft m. b. H.[1]) Im Schusterschen Element sind zwei Elektrolyte durch eine poröse Tonzelle getrennt. In der Tonzelle befindet sich stark schwefelsaure Natriumbichromatlösung und die zylindrische Kohlenelektrode; sie ist umgeben von dem in Kalilauge stehenden Zinkzylinder. Die Flüssigkeitssäule ist außerhalb bedeutend höher als in der Zelle, so daß der Überdruck das äußere Elektrolyt allmählich in die Tonzelle hineindrängt. Durch diese Strömung soll die durch den stromliefernden Vorgang verbrauchte Chromatlösung in einen Behälter, der innerhalb des Kohlezylinders steht, fortgespült werden. Dieser aus Glas oder Porzellan gefertigte Einsatz hat in der ersten Patentschrift eine recht künstliche Form, in der zweiten ist er schon erheblich einfacher gestaltet und in der dritten fehlt er ganz. Die erste Behauptung, das Element liefere mit 2,7 V stetiger Spannung dauernd starken Strom, wird schließlich dahin eingeschränkt, daß es kürzere Zeit zum Laden von Sammlern dienen könne. Die ganze Konstruktion erscheint widersinnig, weil der verbrauchte Depolarisator nicht erneuert, sondern statt dessen nur untaugliches Kaliumsulfat an die Kohle herangeführt wird.

Bei dem altbeliebten Zink-Kohle-Element mit Chlorammonium (Salmiak) als Elektrolyt kann man bekanntlich, wenn das Element mit großen Ruhepausen nur für Augenblicke mäßig starken Strom oder dauernd sehr schwachen Strom liefern soll, einfach den Luftsauerstoff als Depolarisator benutzen. Während aber gewöhnlich die Zinkplatte und die Kohlenplatte nebeneinander stehen, fand Féry[2]) es vorteilhafter, das Zink wagerecht auf den Boden des Glases zu legen und die Kohle senkrecht darüber zu hängen. Dann wird nämlich wenig mehr als die theoretische, der abgegebenen Strommenge entsprechende Zinkmenge verbraucht, während sich bei der üblichen Anordnung das Zink bedeutend rascher aufzehrt. Dieser Unterschied beruht darauf, daß die durch Auflösen des Zinks entstehende Chlorzinklösung wegen ihrer hohen Dichte zu Boden sinkt. Eine stehende Zinkplatte wäre nun unten von Chlorzink-, darüber von Chlorammoniumlösung umgeben; es träte ein Lokalstrom auf, durch welchen der obere Teil der Zinkplatte zerfressen würde.

Wolframmetall läßt sich, wie W. E. Körner[3]) im Laboratorium der Edisonlampenwerke fand, auch zu galvanischen Elementen verwenden. Z. B. baute

er ein Element mit Wolfram als negativer, Quecksilber oder Silber als positiver Elektrode und Natronlauge als Elektrolyt; es besitzt mit Quecksilber 0,49 V, mit Silber 0,69 V. Die Spannung ist also recht gering.

Auf das **Brennstoffelement**, d. h. das alte Ziel eines Elementes, welches durch die Oxydation von Kohle oder brennbaren Gasen elektrische Energie liefert, bezieht sich eine Erfindung von M. Polanyi und G. v. Hevesy[4]). Sie benutzen als Anode ein Metalloxyd oder Superoxyd in alkalischem Elektrolyt. Aus dem erschöpften Element heben sie die reduzierte Anode heraus und oxydieren sie wieder durch Halogene (z. B. Chlor) oder nitrose Gase (z. B. Stickstoffdioxyd), welche ihrerseits in bekannter Weise mit Luftsauerstoff regeneriert werden. S. R. Reed[5]) benutzt für sein Brennstoffelement als Sauerstoffüberträger Manganoxyde, als Elektrolyt geschmolzenen Borax, als Elektroden Platin. Durch ein Tondiaphragma wird die Zelle in zwei Räume getrennt; in den einen Raum wird Luft, in den andern Kohlengas eingeleitet. Auf 1 dm^2 wirksamer Elektrodenfläche soll das Element bei 1 V mindestens 1,5 A liefern. Wie vor einem Jahrzehnt E. Baur durch eingehende Untersuchungen fand, polarisieren sich derartige Ketten stark, weil die eingeleiteten Gase sich nur langsam umsetzen; außerdem steht wegen der unvollständigen Umsetzung die gewonnene Strommenge in ungünstigem Verhältnis zum chemischen Aufwande.

Element mit verdicktem Elektrolyt (sog. Trockenelement). Die chemischen Vorgänge im ruhenden Elemente beschränken seine Lagerfähigkeit auf ein Jahr oder zumeist viel kürzere Zeit. Um die Elemente unbegrenzt haltbar zu machen, hat man den Ausweg gewählt, daß man sie nur mit der trockenen Elektrolytmischung beschickt; das zum Lösen nötige Wasser wird erst kurz vor dem Gebrauche nach Lüften eines Stopfens eingefüllt oder auch durch Zertrümmern eines in das Element eingebauten Gläschens zugeführt. M. Weihe[6]) wendet dagegen ein, die Lagerfähigkeit sei auch so nur begrenzt, weil das Salzgemisch Feuchtigkeit anziehe. Er schließt deshalb das fertige Elektrolyt in ein Glasgefäß ein, das er unten im Zinkbecher birgt. Durch einen Schlag auf den schwachen Zinkboden wird das dünnwandige Glas zerbrochen; das Elektrolyt saugt sich dann in der Füllmasse empor.

Bei entladenen Elementen ist meist der Zinkzylinder und das Mangansuperoxyd erst zum Teil verbraucht; durch Erneuerung des Elektrolyts können sie in eingeschränktem Maße wieder wirksam werden. J. Doris[7]) bohrt zu diesem Zwecke in die Vergußmasse zwei Löcher und führt durch diese zwei Glasröhren ein, von denen die eine bis fast zum Boden reicht. Mit Hilfe dieser Röhren spült er das alte Elektrolyt heraus, leitet, um die Krusten vom Zink abzulösen, wenn nötig, kurze Zeit verdünnte Säure hindurch und füllt schließlich frisches Elektrolyt ein. Falls das alte Elektrolyt zu dick ist, verflüssigt er es vorher durch Erwärmen. E. Stern[8]) verwendete nur die Beutelelektroden verbrauchter „Feldelemente“ aufs neue; nach dem Abwaschen setzte er sie in frische Zinkzylinder und füllte mit einer 20proz. Chlorammoniumlösung, der er zum Verdicken Holzmehl, eingedickte Sulfitzellstofflauge oder Sägemehl zugesetzt hatte.

Taschenbatterien. F. Baumann[9]) baut statt der üblichen becherförmigen platte Elemente, indem er die Kohlenelektrode als flachen Kasten formt, den er mit der Elektrolytpaste ausfüllt. Auf den oberen, durch Paraffin isolierten Rand des Kastens legt er die Zinkplatte. Auf der Unterseite der Kohle ist ein gewelltes Drahtnetz eingebettet, welches beim Aufeinanderlegen mehrerer Elemente den Kontakt mit der Zinkplatte des Nachbarelementes vermittelt. Damit aber nicht etwa Elektrolyt durch die Poren der Kohle dringt und diesen Kontakt zerstört, ist die Unterseite der Kohle mit Paraffin getränkt. Ob diese Anordnung wirklich betriebssicher ist, erscheint zweifelhaft.

Eine Maschine zur Herstellung der Puppen hat sich diesmal C. Hubert[10]) schützen lassen. Die aus mehr als 87 einzelnen Teilen bestehende Maschine ist, wie viele andere derartige Konstruktionen, mit einem drehbaren Tische ausgerüstet; sie preßt zunächst die Graphitbraunsteinmischung zu einem Zylinder,

locht diesen dann der Länge nach, führt ins Loch den Kohlenstift ein und stößt schließlich die fertige Elektrode aus.

Die Papphülle der Batterie wird von G. Ortlepp[11]), um Klebstoff zu sparen, aus einem einzigen Pappstück in der Weise gebildet, daß nach dem Zusammenbiegen die Hülle durch Zungen, welche in Schlitze eingreifen, möglichst ohne Leim zusammengehalten wird und nicht mehr überklebt zu werden braucht.

[1]) Schuster-Patentgesellschaft m. b. H., DRP 305863, 306942, 309531. — [2]) Féry, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 584. — [3]) W. E. Körner, El. World Bd 69, S 141. — [4]) M. Polanyi u. G. v. Hevesy, DRP 306153. — [5]) S. E. Reed, USP 1225175. — El. World Bd 70, S 472. — [6]) M. Weihe, DRP 305287. — [7]) J. Doris, DRP 305243. — [8]) E. Stern, Z. Elchemie S 91. — [9]) F. Baumann, DRP 304545. — [10]) C. Hubert, DRP 306072. — [11]) G. Ortlepp, DRP 308051.

Akkumulatoren und ihre Verwendung.

Von Oberingenieur Dr. Hermann Beckmann.

Allgemeines, Theorie. Grundlegende Neuerungen an Akkumulatorenzellen sind im Berichtsjahre, soweit die Literatur zugänglich war, nicht zu verzeichnen. Die Veröffentlichungen behandeln die schon bekannten Formen und befassen sich mit unwesentlichen Verbesserungen, der sachgemäßen Behandlung der Zellen, oder dem Beseitigen und Vermeiden von Fehlern im Gebrauch der Akkumulatoren.

L. Jumau[1]) bespricht den augenblicklichen Stand der Industrie des el. Akkumulators. Man ist weiter bestrebt gewesen, die Form der Platten möglichst günstig zu gestalten. Der Verfasser gibt nochmals die Grundsätze an, nach denen die positiven und negativen Platten zu bauen sind. — Als Lebensdauer der positiven Großoberflächenplatten gibt Jumau etwa 1000 dreistündige Entladungen an, die größte Kapazität erreichte er mit transportablen TEM-Elementen der Société pour le Travail él. des Métaux, nämlich 30,6 Wh/kg dreistündig. Die Lebensdauer der positiven Masseplatten betrug bei einer Dicke von 2 mm unter 100 Entladungen, bei 4 mm Dicke zu 400, die der Negativen war doppelt so groß. Eine Tabelle zeigt die Grenzen, in denen man transportable Batterien wählt, wo Leichtigkeit und geringer Raumbedarf ausschlaggebend sind. Der Wirkungsgrad wird zu 0,9, der Nutzeffekt zu 0,7 bis 0,75, bei Teilentladungen zu 0,95 bzw. 0,85 angegeben. — Ferner bearbeitet Jumau[2]) die Theorie des Akkumulators. Kapazitätsvergrößerungen erreicht man durch Verbesserung des Verhältnisses der aktiven Masse zum Träger und der Ausnutzung des aktiven Materiales. Der Ausnutzungskoeffizient wird unter diesen Bedingungen bei sehr langsamer Entladung und sehr porösem, aktivem Material zu 0,6 bis 0,7 angegeben. Bei kleinen Kristallen des aktiven Materials wird die Kapazität vergrößert, allerdings auf Kosten der Lebensdauer. Die größte Kapazität erhält man bei Platten, die in einem $PbSO_4$ wenig lösenden Elektrolyt reduziert sind, die geringste bei Platten, deren Elektrolyt bei der Reduktion eine große Lösefähigkeit für Bleisulfat besaß. Je löslicher dieses ist, desto größer sind die reduzierten Bleikristalle. Auch die Temperatur während der Formation der Platten ist dabei von Einfluß. War sie höher, so sinkt die Kapazität und steigt die Lebensdauer, weil die Löslichkeit der Kristalle verbessert wird und daher größere Kristalle gebildet werden. Auf die Kapazität und Lebensdauer der Negativen ist hauptsächlich das Schrumpfen von Einfluß. Verfasser gibt einige Gesichtspunkte an, nach denen geschrumpfte Platten regeneriert und dem Schrumpfen entgegengearbeitet werden kann. Die Lebensdauer der positiven Platte beeinträchtigt vor allem der Massenausfall. Die Gründe dafür werden im Hinblick auf die Löslichkeit von Bleisuperoxyd und Bleisulfat erörtert, ebenso der Einfluß der bei der Formation herrschenden Verhältnisse und der Arbeitstemperatur.

Strasser[3]) bringt Vergleichszahlen über das Gewicht des Akkumulators für die kWh. Der ortsfeste Bleisammler benötigt danach 130 kg/kWh. Bei den transportablen Typen kann man durch Anwendung von Bleigittern usw. bei den schwereren auf 85 bis 100 kg/kWh herabgehen. Die leichtesten Akkumulatoren besitzen noch 32 kg/kWh. Rein theoretisch ließe sich ein Mindestgewicht von 26 kg/kWh erzielen und schließlich ohne Rücksicht auf die Dauerhaftigkeit 20 kg/kWh. Der alkalische Akkumulator leistet 1 kWh durch 28 bis 33 kg und könnte bei höchster theoretischer Vervollkommnung auf 14 kg/kWh gebracht werden. Zum Vergleich führt der Verfasser als Werte für komprimierte Luft von 100 bis 120 Atmosphären 10 bis 12 kg/kWh an. Bei Dampfbetrieb und fünfstündiger Arbeitszeit sind 20 kg/kWh erforderlich, während ein Benzinmotor nur ein Gewicht von 0,3 kg/kWh braucht. — Über einige weniger bekannte Akkumulatorformen, die bis jetzt keine praktische Bedeutung erlangt haben, wird berichtet[4]). — Gewisse Störungen in Sammlerzellen[5]) werden verursacht durch Masseausfall, durch Schwefelsäure, die sich auf den Verschlußdeckeln befindet, durch Risse in der Zellenwand und Plattenkrümmungen. Bei einer neueren Prüfmethode wird eine Glühlampe an Stelle eines Voltmeters verwendet. Auf die besondere Wichtigkeit der Prüfung der Schwefelsäure für Akkumulatoren wird verschiedentlich hingewiesen[6]). Es werden die Stoffe aufgezählt, von denen die Säure vollständig frei sein muß oder der Grenzgehalt angegeben, über den hinaus die Säure für diese Zwecke unbrauchbar ist und empfohlen, der frisch gemischten Säure auf 50 bis 60 l 40 bis 50 cm^3 einer Lösung von Bariumsulfid (7° Bé) hinzuzufügen und nach ein bis zwei Tagen, wenn sich dann die metallischen Verunreinigungen abgesetzt haben, die Säure abzuziehen. — Sieg[7]) veröffentlicht den Fall einer besonderen Störung an der Pufferbatterie eines Straßenbahnkraftwerkes, wo die Platten abgerissen waren und zu starken Kurzschlüssen Veranlassung gaben. — Neue Werke über Akkumulatoren sind im Berichtsjahre nicht erschienen, wohl aber kam das bekannte Werk »Die Akkumulatoren für stationäre elektrische Anlagen« von Prof. Dr. Carl Heim in der 5. umgearbeiteten Neuauflage heraus. Auch »Die Akkumulatoren für Elektrizität« von Regierungsrat Dr.-Ing. R. Albrecht sind in der zweiten, neubearbeiteten Auflage erschienen. In beiden Werken wird in eingehender aber doch leicht faßlicher Form das Wissenswerte über das Gebiet geboten.

Anwendung der Akkumulatoren. Die Anwendung und Herstellung der elektrischen Akkumulatoren standen weiter unter dem Einflusse des Krieges. Über die Verwendung für Heeres- und Marinezwecke in Deutschland berichtet E. Sieg[8]). Akkumulatoren, hauptsächlich transportable, werden in Spezialkonstruktion gebaut für Unterseeboote, Handlampen, Sicherheitslampen, für Zeitauslösung und das Unscharfmachen von Minen, für die Beleuchtung der Autos, für Signalverbindungen zwischen den ersten Stellungen und den rückwärts liegenden Kommandobehörden, für die Beleuchtung von Instrumenten in Flugzeugen, als Ersatz für Primär- und Trockenelemente bei Feldtelephon- und Telegraphenanlagen, besonders auf Kriegsschiffen, als Zentralbatterien. Auch stationäre Batterien sind für die Kriegsführung an Küstenplätzen für Leuchtfeuer und bei Luftschiffhallen zum schnellen Drehen der gesamten Halle oder der schweren Tore benutzt worden. Für private Zwecke, namentlich in der Landwirtschaft, wo wegen Mangels an Petroleum oder anderen Leuchtstoffen großer Bedarf an kleinen Beleuchtungsanlagen vorhanden war, konnte dieselbe wegen der Rationierung des Bleies nicht immer befriedigt werden.

Ortsfeste Batterien. Über Windkraft-Elektrizitätswerke berichtet P. Schubach[9]) und beschreibt ausführlich den Aufbau, die Schaltung und Betriebskosten eines solchen Werkes von 40 kW Anschlußwert. Für den Fall eintretender Windstille ist eine Sammlerbatterie erforderlich, die den Strombedarf für 2 bis 3 Tage zu decken imstande ist. Über Aufstellung einer bedeutenden Hochspannungsbatterie für Pufferzwecke schreibt E. G. McKinnon[10]). Bei der Elektrisierung der 15 km langen Strecke Manchester-Bury der Lancashire and Yorkshire Railway wird eine Batterie aufgestellt, bei der man auf das Beispiel

der Bahnstrecke Stockholm-Saltsjöbaden zurückgreift, da man in England mit solchen Anlagen bisher wenig Erfahrungen gemacht hat. Diese schwedische Gleichstrombahn für 1200 V besitzt eine Pufferbatterie von 650 Zellen mit einer stündlichen Leistung von 800 kW. Die englische Bahn wird ebenfalls für 1200 V Gleichstrom angelegt und erhält 2 Unterstationen mit Batterien von je 580 Zellen der Chloride Electrical Storage Co. An derselben Stelle berichtet Kinnon[10]) über eine Batterie von 12000 Ah zehnstündig zum Spitzenausgleich, aufgestellt in der Eagle Street für die Metropolitan El. Supply Co. Trotzdem die positiven Platten wegen des sehr beschränkten Raumes eine übergroße Länge von 118 cm haben, sollen sie nach 2jährigem Betriebe keinerlei Gestaltsänderung gezeigt haben. Die Schwierigkeiten, Momentreservebatterien, auch in Wechselstromnetzen, zu benutzen, wurden überwunden beim Bau der Newton-Unterstation der Edison El. Illuminating Co. in Boston. Diese Batterie springt mittels eines Zellenschalters und eines Motorgenerators bei Störungen im Netz ein. Auch die großen Batterien in Manchester, Bradford, Birmingham, Wolverhampton, und den Unterstationen der Metropolitan El. Supply Co. haben sich gut bewährt[10]). Während die Regulierung dieser großen Batterien auf dem Kontinente meist mit Zellenschaltern geschieht, braucht man neuerdings jedoch in Amerika motorgetriebene Zellenschalter und automatisch umkehrbare Booster nur dann, wenn die Regelung für schnelle Schaltung gebraucht wird. Bei sehr großen Kraftwerken verzichtet man in Amerika neuerdings auch ganz auf die Booster.

Während in Deutschland im Berichtsjahre über Normalisierungsbestrebungen in der Akkumulatorenfabrikation nichts veröffentlicht worden ist, macht Mc Kinnon[10]) verschiedene Vorschläge zur Vereinheitlichung der Akkumulatorengefäße für stationäre Zellen, der Anzahl von Zellen für eine bestimmte Spannung, zur Festsetzung der Endspannung bei einem bestimmten Entladestrom, der Kapazität bei verschiedenen Stromstärken, des Wirkungsgrades und Nutzeffektes. Bei der Plattenform will der Berichterstatter von einer Normalisierung wegen der zu verschiedenen Gesichtspunkte für ihre Gestaltung absehen. Auch die Holzbrettchen können nicht normalisiert werden, da sie nach verschiedenen Patenten hergestellt und behandelt werden. Für die Prüfung der Batterien werden zwei Methoden vorgeschlagen, die auch eine Wiederaufladung mit 10% Überschuß und nochmalige Entladung vorsehen. Auch die Instandhaltungsverträge sollen in die Vereinheitlichung eingeschlossen werden.

Schienenfahrzeuge. Nach den guten Erfahrungen, die man mit Akkumulatorentriebwagen bei der Preußisch-Hessischen Staatsbahn gemacht hat, ist auch in der Schweiz geplant, bei der Elektrisierung der Strecke der Gotthard-Bahn Erstfeld-Bellinzona und einiger anderer Strecken, in dem Vorortverkehr Akkumulatoren-Triebwagen in Dienst zu stellen[11]). Die vorteilhafte Verwendung von Akkumulatoren-Lokomotiven zeigt sich bei dem Ausbau des zweiten Simplontunnels, worüber Rothpletz und Andreae[12]) berichten. Es wurden da schon 1914 zur Förderung der Materialzüge eine zweiachsige AEG-Akkumulatorenlokomotive und zwei solche der Maschinenfabrik Oerlikon benutzt. Sie sollen jetzt täglich bei 5 Pendelfahrten in 18 h rd. 200 t über 10 km bei 2 v. T. Steigung führen können. Später sollen sie durch eine Änderung am Vorgelege für den Verschiebedienst Verwendung finden. Sie enthalten 2 Batterien mit 85 kWh Kapazität bei einstündiger und 124 kWh bei dreistündiger Entladung. Die besonderen Vorteile solcher Akkumulatoren-Lokomotiven für industrielle Zwecke im Gegensatz zu Dampf- und Oberleitungs-Lokomotiven werden auch an anderer Stelle erörtert[13]). Daselbst wird eine Sammler-Lokomotive beschrieben die die Firma Brown, Boveri & Co. gebaut hat und in ihrer Fabrik in Baden (Schweiz) verwendet. — Auch die Grubenlokomotiven mit Akkumulatorenbetrieb haben sich weiter gut bewährt. Es berichtet darüber ausführlich an Hand verschiedener ausgeführter Anlagen Wintermeyer[14]). — Um die bei besonders schwacher Förderung sehr ins Gewicht fallenden Führerlöhne zu sparen, war vor einigen Jahren die führerlose Lokomotive aufgekommen. Über deren Aufbau

und ihre vorteilhafte Verwendung in Verbindung mit dem bekannten selbsttätigen Umstellen der Weichen, wird an derselben Stelle ausführlich berichtet. Auch in anderen Betrieben, z. B. in einer Zuckerfabrik, können diese Art Lokomotiven wirtschaftliche Vorteile bringen[15]).

Elektromobile. Wie in den vorhergehenden Jahren hat auch in dem Berichtsjahre der empfindliche Mangel an Gummi für Bereifung lähmend auf die Verbreitung und Entwickelung des Elektromobils in Deutschland gewirkt. Über Neuerungen ist daher wenig zu berichten, zumal die Nachrichten aus dem Auslande nur spärlich einliefen. Über den derzeitigen Stand des Elektromobilbaues verbreitet sich Valentin[16]) in einem umfangreichen Aufsatze. Der Verfasser nimmt an, daß unter bestimmten Voraussetzungen es in Deutschland möglich sein wird, bei Serienbau und einer weitgehenden Normalisierung 100 el. Wagen monatlich zu bauen. Er zählt die Firmen auf, die für den Bau von Elektromobilen und Akkumulatoren in Frage kommen.

Als bekannte Vorzüge des Elektromobils werden besonders hervorgehoben: einfache Konstruktion, geringe und seltene Wartung des Motors, kurze Bauart und daher kleiner Lenkradius, Bedienung durch ungelernte Personen. Übersichtlichkeit der Betriebs- und Unterhaltungskosten, Befreiung von Feuer- und Haftpflichtversicherung, gute Ausnutzung der el. Zentralen und neben großer Sauberkeit, Geräusch- und Geruchlosigkeit die Unabhängigkeit von solchen Stoffen, abgesehen vom Gummi, die nicht genügend im Inlande zur Verfügung stehen. Demgegenüber stehen allerdings einige Nachteile, wie Mangel an Freizügigkeit, bedeutendes Eigengewicht, kurze Lebensdauer der Akkumulatoren und schnelles Ansteigen des Stromverbrauches bei ansteigenden und schlechten Straßen.

Rödiger[17]) behandelt den Automobil-Akkumulator, seine Unterbringung, Ladung, Wartung und Beseitigung von Störungen, die Vor- und Nachteile des Blei- und alkalischen Akkumulators. — An anderer Stelle bespricht derselbe Verfasser[18]) die Gesichtspunkte bei Beschaffung von elektrischen Kraftwagen und die Möglichkeit der Batterieladung. Er macht Angaben über Betriebsart, Steuerung und zeigt Gesichtspunkte für die wirtschaftliche Berechnung. — Die Bedeutung der Elektromobile für den Stromabsatz der Elektrizitätswerke wird wieder hervorgehoben[19]). — Zahlreiche Betriebskostenvergleiche verschiedener Elektromobiltypen gegenüber Benzinwagen werden an anderen Stellen von Rödiger gegeben[21]). In Amerika sind mit Elektromobilen gegenüber Benzin- und Pferdebetrieb Ersparnisse erzielt worden[21]). — Immer mehr bürgern sich die sog. Zugwagen ein[22]), von denen sich besonders 2 Typen herausgebildet haben. Diese Wagen sind besonders da angebracht, wo es sich um Transport von Massengütern in kurzer Zeit handelt, da die Zugwagen nicht zu warten brauchen, bis die Anhänger be- oder entladen sind. — Auch Grempe[23]) spricht über die besonderen Vorteile des el. Vorspannwagens. — In Paris werden zum Mülltransport mit günstigem Ergebnis die zweirädrigen el. Schlepper verwendet, die ebenfalls zweirädrige Anhänger ziehen. Der Mülltransport geschieht hauptsächlich des Nachts, während am Tage die Triebwagen zum Ziehen von Wasch- und Kehrmaschinen Verwendung finden[24]). — Bei der Gas and Electric Co. in Canton (Ill.) ist ein el. Kohlenwagen im Betriebe, der in 2 Minuten 4,5 t Kohlen lädt und den Inhalt eines 50 t Wagens auf einer Strecke von 2,4 km in 3 h bewältigt[25]). Neuburger[26]) empfiehlt bei Erörterung der Vorbedingungen und Richtlinien für die Rentabilität der Kraftwagen im Dienste der Brauereien für den Stadtverkehr das Elektromobil. Immer größere Bedeutung und Verbreitung finden die kleinen Elektromobile bei den hohen Arbeitslöhnen besonders auch als Lastkarren und Zugwagen auf Bahnhöfen und in industriellen Betrieben. So werden mit gutem Erfolge schon seit 1914 auf dem Bahnhofe von Chicago kleine el. Zugwagen verwendet[27]). Sie wiegen etwa 950 kg, können mit einer Ladung 12 h fahren und ziehen im Durchschnitt 7 Anhänger, können aber auch Züge von 25 Wagen befördern. Als Kranwagen werden die Kleinelektromobile von einer Chicagoer Firma für eine Ladefähigkeit von 2 t und einer Ausschwingung von 180° gebaut[28]). In Deutschland hat die AEG neuerdings den Bau

solcher elektrischen Kranwagen aufgenommen. In Wien hat sich die Zahl der el. Postwagen auf 45 vermehrt [29]). Auch in Deutschland sind bei der Reichspostverwaltung, namentlich in Berlin, große Erweiterungen des Kraftwagenbetriebes geplant [30]). In Amerika wächst die Verwendung der Elektromobile im Postdienste ständig. So wird über die befriedigenden Ergebnisse in St. Louis und Boston berichtet, wo diese Fahrzeuge ständig 40 bis 50 km täglich seit Jahren zurücklegen [29]). Wie leicht sich das Elektromobil in seiner Bauart den besonderen Verhältnissen anpassen kann, zeigen einige Beispiele. So wurde in Amerika ein besonderer el. Schlepper für den Brettertransport gebaut [31]), ein Typ für Eistransport [32]) und an anderer Stelle el. Wagen mit besonders niedriger Plattform und kleinem Lenkradius [33]). De Haas beschreibt einen el. betriebenen Krankenwagen [34]).

Elektrische Boote. Über die von Akkumulatoren getriebenen Boote ist im Berichtsjahre sehr wenig veröffentlicht worden. Naturgemäß ist auch gerade über die hauptsächlichste Verwendung des Akkumulators im U-Boot-Betriebe wenig bekannt geworden. Rödiger [35]) erörtert die Grenzen, in denen ein wirtschaftlicher Betrieb mit el. Booten möglich ist. Der durch den Krieg eingetretene Mangel an Petroleum hat in Skandinavien Veranlassung gegeben, den el. Antrieb von Fischereibooten in Aussicht zu nehmen. Die Batterie will man aus leichten Edisonzellen zusammensetzen und hofft, trotz der hohen Anschaffungskosten auf gute Wirtschaftlichkeit [36]).

Elektrische Zugbeleuchtung. Die Zahl der Personenwagen, die mit el. Beleuchtung ausgerüstet sind, hat sich weiter vermehrt. So sind in den Vereinigten Staaten schon mehr als 20000 Personenwagen el. beleuchtet [37]). England besitzt 14430 el. beleuchtete Personenwagen bei einem Wagenpark von 47956 Personenwagen. Italien zählt bei 20019 Wagen 6891 el. beleuchtete. Auch bei el. Überlandbahnen wird neuerdings, um bei Spannungsschwankungen oder Kontaktunterbrechungen eine Lichtstörung zu vermeiden, selbständige el. Beleuchtung angewendet, die teilweise durch einen Motorgenerator mit einer Batterie allein gespeist wird [38]).

Akkumulatorenbeleuchtung und Anlasser. Aus der Literatur ist zu ersehen, daß die Anwendung des el. Stromes im Automobil sich befestigt und erweitert hat [39]). Außer für die Zündung, für Beleuchtung und zum Anlassen wird der el. Strom benutzt zum Anwärmen des Steuerrades, des Vergasers und des Kühlwassers, zum Schalten der Geschwindigkeitsstufen, zur Ventilation des Wageninnern, zum Aufpumpen der Luftreifen und zum Bremsen. Diese wirtschaftliche Verwendung der el. Kraft erfordert eine wesentliche Vergrößerung der el. Anlagen im Automobil gegen die frühere Zeit. Es ist daher jetzt nicht mehr möglich, die el. Anlagen nachträglich einzubauen. Die Wagen müssen also von vornherein mit diesen Anlagen projektiert und ausgestattet werden. Auch an anderer Stelle wird auf die Bedeutung des gleichzeitigen Entwerfens der Beleuchtung und des Anlassers mit der ganzen übrigen Konstruktion hingewiesen [40]). Trott [41]) bespricht verschiedene Anlasseranordnungen. Eine Beschreibung hauptsächlich ausländischer Konstruktionen liegt vor [42]). Die Feuersicherheit der el. Beleuchtung gegenüber der mit Petroleum und Azetylen wird hervorgehoben [43]). — Nach einem Bericht von Clayden [44]) über seine Studienreise nach den Vereinigten Staaten wird dort der Batteriezündung neuerdings entschieden der Vorzug gegeben. Außerdem sei es den amerikanischen Ingenieuren, als bei Kriegsbeginn die Einfuhr deutscher Magnetteile aufhörte und die amerikanischen wenig befriedigten, gelungen, die Batteriezündung mit dem Unterbrecher- und Verteilermechanismus so zu vervollkommnen, daß sie es mit den besten Magnetzündungen aufnehmen kann. — Bei einem el. Anwärmer für den Vergaser [45]) ist zwischen die dünnen Wände eines Aluminiumgehäuses ein el. Widerstand eingebaut, der sich bei Durchgang des Stromes rasch erhitzt. Dieser Anwärmer wird über die Mischkammer des Vergasers gesteckt und bringt ihn in etwa 3 Minuten auf die nötige Temperatur.

Kleinbatterien. Wie schon eingangs erwähnt, war die Anwendung von Kleinbatterien für Heeres- und Marinezwecke sehr zahlreich. Einzelheiten sind indes noch nicht veröffentlicht worden. Das alte Anwendungsgebiet in Telephon- und Telegraphenzentralen hat sich erweitert[46]). Zum Laden dieser Batterien in Wechselstromnetzen werden Relais-Gleichrichter verwendet[47]) und neuerdings auch Wehnelt-Gleichrichter der Accumulatoren-Fabrik Akt.-Ges. Über Notbeleuchtung in Theatern, Kinos und Fabriken und ihre vorteilhafte Anordnung wird berichtet[48]). — Die Anwendung der el. Grubenlampe hat Fortschritte zu verzeichnen. Nach den Vorschriften des Ministeriums des Innern der Vereinigten Staaten wurden neu zugelassen die Ceag-Lampe, die Hirsch- und die Wico-Lampe. Der Artikel enthält die wichtigsten Grundsätze für die Prüfung dieser Lampen[49]) — Die Prüfungsbedingungen der englischen Behörden für el. Grubenlampen werden veröffentlicht[50]). Nach diesen sind im Berichtsjahre 3 el. Lampen neu zugelassen worden[51]). Die el. »Kingsway« Handlampe der Gen. El. Co. zeichnet sich durch kräftige Konstruktion und möglichste Ausschließung jeder Korrosion durch die Säure aus[52]). Über Hochspannungsbatterien für kleine Stromstärken berichtet Frank Horton[53]); er macht Vorschläge, um die Zerstörung der Bleiplatten, die meist von der Poldurchführungsstelle des Deckels aus beginnt, zu verhindern.

[1]) Jumau, Rev. Gén. El., Bd 3, S 577. — [2]) Jumau, Rev. Gén. El., Bd 2, S 523. — [3]) Strasser, Z. angew. Chem. II, S 300. — [4]) Helios, Fachz. S 143. — [5]) Automobilwelt-Flugw. Nr 3, S 5. — [6]) El. Masch.-Bau S 455. — Ind. El. v. 10. 6. 18. — [7]) Sieg, ETZ S 272. — [8]) Sieg, ETZ 1919, S 77. — [9]) Schubach, Helios, Fachz. S 129. — [10]) E. G. McKinnon, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 892; Bd 81, S 6, 27. — [11]) El. Masch.-Bau, S 181. — [12]) Rothpletz u. Andreae, El. Masch.-Bau, S 214. — [13]) Mitt BBC. Mai 16, Bd 3, S 67. — [14]) Wintermeyer, El. Anz., S 8, 13, 21, 28. — [15]) ETZ 1917, S 125,. — D. Straß. Klb. Ztg. 1919, S 42. — [16]) Valentin, Z. Ver. D. Ing. 1919, S 38. — Motorw. S 365, 411. — [17]) Rödiger, Aut. Rundsch. S 187. — [18]) Rödiger, Aut. Rundsch. S 3. — [19]) Rödiger, Aut. Rundsch. S 93. — [20]) Rödiger, Aut. Rundsch. S 26. — Allg. Aut. Ztg. H 31, S 9; H 49, S 11. — [21]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 87. — [22]) Rödiger, Aut. Rundsch., S 100. — [23]) Grempe, EW S 96. — Helios Fachz. S 180. — [24]) Automobilwelt-Flugw. H 9, S 1. — [25]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 494. — [26]) Neuburger, Aut. Rundsch. S 89, S 104. — [27]) Engin. News Record, S 720. — [28]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 441. — [29]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 496. — [30]) Allg. Aut. Ztg. H 12, S 11. — Aut. Rundsch. S 31. — [31]) Automobilwelt-Flugw. H 29, S 6. — [32]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 348. — [33]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 579. — [34]) de Haas, Helios Fachz. S 247. — [35]) Rödiger, Aut. Rundsch. S 137, 152. — [36]) El. Masch.-Bau, S 122. — [37]) Elektrizität S 16. — El. Masch.-Bau S 26. — [38]) ETZ S 337. — Rev. Gén. El. Bd 2, S 150. — [39]) Automobilwelt-Flugw. H 5, S 3; H 6, S 3. — [40]) Automobilwelt-Flugw. H 45, S 1. — [41]) Trott, Helios Fachz. S 65, 73. — [42]) Allg. Aut. Ztg. Auto-Technik, H 7/8, S 13; H 9/10, S 15. — [43]) Automobilwelt-Flugw. H 44, S 1. — [44]) Clayden, Automobilwelt-Flugw. H 46, S 1. — [45]) Automobilwelt-Flugw. H 17, S 6. — [46]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 317. — [47]) Elektrizität, S 318. — [48]) El. Anz. S 109. — [49]) ETZ, S 119. — [50]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 840. — [51]) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 590. — [52]) Chem. News. 1917, S 115, 223. — Z. angew. Chem. II, S 164. — [53]) Horton, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 83. — Ann. Phys. Beibl. S 319.

IX. Anwendungen der Elektrochemie.

Galvanotechnik: Galvanoplastik, Galvanostegie und elektrolytische Analyse. Von Dr. Karl Neukam, Nürnberg. — Elektrometallurgie. Von Oberingenieur Viktor Engelhardt, Charlottenburg. — Herstellung chemischer Verbindungen und deren Verwendung. Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg.

Galvanotechnik: Galvanoplastik, Galvanostegie und elektrolytische Analyse.

Von Dr. Karl Neukam.

Galvanoplastik. Zur galvanoplastischen Herstellung von Matrizen für Paraboloidspiegel hat man bereits rotierende Flüssigkeiten, meist Quecksilber, benutzt und auf diese eine leicht erstarrende Wachsmischung gegossen. Um eine Zerstörung der so gebildeten Form beim Erkalten auszuschließen, soll nach einem Verfahren von J. A. Schneider[1]) als Untergrund für das paraboloidale Flüssigkeitsniveau eine Unterlage von möglichst ähnlicher Form gewählt und diese nur mit einer sehr dünnen Flüssigkeitsschicht bedeckt werden. Wesentlich ist, daß beim Aufgießen des Wachses und beim Erstarren die Tourenzahl stets die gleiche bleibt. Die so erhaltene Wachsform läßt sich dann leicht abheben und galvanoplastisch vervielfältigen. — Das elektrolytische Ätzen von Druckformen leidet insoferne an einem Mangel, als immer ein etwas rauher Ätzgrund entsteht. Ganz neuartig zur Abstellung dieses Umstandes ist die Kurzschlußätzung nach H. Strecker[2]), bei welcher man mit sehr stark verringertem Abstand zwischen Anode und Kathode arbeitet, so daß fast Kurzschluß entsteht und an den Übertrittstellen der Stromlinien zur Anode eine derart starke lokale Erhitzung stattfindet, daß es zur oberflächlichen Schmelzung des Ätzgrundes und damit zur spiegelglatten Fläche kommt. Über die Metallisierung von Glas und keramischen Waren findet sich eine Zusammenstellung[3]), die hauptsächlich die Technik der Herstellung stromleitender Metallbelage auf nichtleitendem Untergrund behandelt. Ein Verfahren von N. Unno[4]) zum Elektroplattieren nichtleitender Gegenstände mit Kupfer sieht die Imprägnierung mit einer Paraffinwachsmischung vor, der ein Auftragen eines Chlorgold und Quecksilber haltigen Graphitpulvers folgt.

Galvanostegie.

Allgemeines. Ohne Zweifel war die Galvanotechnik einer derjenigen Industriezweige, die durch die Kriegsnotwendigkeiten am meisten gelitten haben. Daher verdient ein Aufsatz von F. Reinboth[5]) über die Einwirkung des Krieges auf die Galvanotechnik großes Interesse, um so mehr, als viele von den gemachten Anstrengungen, Ersatz für die beschlagnahmten Metalle und Chemikalien zu finden, auch für die Friedenszeiten noch beibehalten werden dürften. Die Schwierigkeiten des Kriegsbetriebs schildert auch eine weitere Abhandlung[6]), in welcher aus der Praxis Vorschläge über das Arbeiten mit den Ersatzstoffen gemacht werden. Sie betreffen die Versilberung von Zink, die Herstellung von matten Verzinkungen und von Cadmiumüberzügen als Silberimitation. Als Vernicklungsersatz wird für Massenartikel der alkalische Zinnsud vorgeschlagen. Ein anderer Aufsatz[7]) bringt gute Ratschläge zur Wiederinstandsetzung galvanischer Anlagen für die Überleitung in den Friedensbetrieb. Danach wird die Umstellung der bisher vielfach gebrauchten Kobaltbäder in Nickelbäder nicht unbedingt gutgeheißen. Bei den lange nicht mehr benutzten Messing- und Kupferbädern sowie bei Silberbädern wird sich durch Zugabe von Cyankalium wohl in den meisten Fällen Abhilfe schaffen lassen. Über die Fehler, die in galvanischen Betrieben häufig noch gemacht werden, findet sich gleichfalls ein interessanter Bericht[8]). Zur Beseitigung der Störungen wird es immer der

Nachschau eines Fachmannes bedürfen, und die beliebte Art der Auskunftseinholung durch einen Zeitungsbriefkasten führt nur wenig zum Ziel. Über galvanotechnische Neuerungen berichtet Pradel[9]).

Reinigung und Vorbehandlung. Dekay Thompson und O. L. Mahlman[10]) berichten auf der Frühjahrsversammlung der Am. Electrochem. Soc. über Vergleichsversuche mit den verschiedenartigen Beizmethoden. Sie fanden, daß gleichstark mit Zunder überzogene Bleche beim elektrolytischen Beizen rascher oxydfrei werden als beim Säurebeizen. Auch wird bei Anwendung von Strom weniger Eisen vom Blech weggelöst. Nach den von Wing und Evans[11]) gemachten Angaben sollen beim elektrolytischen Reinigen die Waren als Anoden in ein alkalisches Bad aus Soda und Ätznatron, dem auch noch etwas Seife zugesetzt ist, verbracht werden, wobei man, ähnlich wie beim Plattieren, mit niedriger Spannung arbeitet. Günstige Resultate soll auch ein von A. Waldberg und A. Levy[12]) empfohlenes Bad aus Ätzkali, Ätzkalk und Blutlaugensalz liefern. Wie einem Bericht von C. S. Thompson[13]) zu entnehmen ist, erzielt man eine rasche Reinigung von Stahlgegenständen vor dem Elektroplattieren mit einem cyankalihaltigen Ätznatronbad, wobei man mit einem ziemlich starken Strom behandelt und diesen sodann wendet. Eine Beizflüssigkeit aus einem Gemisch von Schwefelsäure und konzentrierter Salzlösung hat sich A. F. Hofmann[14]) schützen lassen, in welcher die abzubeizenden Gegenstände erhitzt werden sollen, bis Gasentwicklung auftritt.

Im Anschluß an die Untersuchungen von Thompson und Richardson (JB 1917, S 115) veröffentlicht J. S. Fuller[15]) seine Versuche über das Brüchigwerden von Stahl beim Beizen und Plattieren. Er ist der Ansicht, daß die Ursache in der Wasserstoffaufnahme zu suchen sei, und empfiehlt als Gegenmaßnahme das Eintauchen des Stahls in geschmolzenes Zinn.

Apparate. Bei dem Elektrisierapparate von C. J. Lane und D. L. Honeyman[16]) sollen die Waren in bestimmten Abständen über ein endloses Band in den Behälter gebracht werden und bleiben durch Magnetwirkung in Kontakt mit den Kathodenstäben des Förderbandes. Von der Mitte des Bades aus gehen die Waren in eine Trommel, um von dieser aus gleichfalls wieder magnetisch geführt das Bad zu verlassen. Zur Verwendung von Anoden in Form kleiner Stücke oder Kugeln hat G. Jones[17]) eine rahmenartige Vorrichtung aus gelochtem Zelluloid konstruiert. Erwähnt sei noch ein Doppelbehälter zum Beizen von Eisen und Stahl nach W. C. Parker[18]), bei welchem die Wände des inneren Behälters von denen des äußeren getrennt sind, so daß nur der obere Teil der Flüssigkeit des äußeren Behälters in den inneren durch Löcher in dessen Wandung oder durch Tieferstellen fließen kann. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Apparate zur Messung und Begrenzung el. Metallniederschläge bringt E. Krause[19]).

Bäder und Niederschläge. F. Reinboth[20]) behandelt die Beurteilung des Cyankaliums hinsichtlich seiner Verwendung in der Galvanotechnik und bespricht neben der Wertbestimmung hauptsächlich dessen Verhalten in den galvanischen Bädern. Die Wasserstoffentwicklung aus cyanidischen Bäderlösungen haben C. P. Watts und A. Braun[21]) an Kupfer- und Silberbädern mit wechselndem Cyankalizusatz verfolgt. Sie fanden, daß in Kupferbädern die Wirkung viel größer ist als in Silberbädern. Zur Feststellung der Beziehungen zwischen der Wirkung ätherischer Öle als Zusatzstoffe und ihrer Absorption durch Metalle haben F. C. Mathers und A. B. Leible[22]) das Verhalten solcher Öle gegenüber den verschiedenen Metallen geprüft, wobei sich bezüglich des Absorptionsvermögens annähernd die gleiche Reihenfolge unter den Metallen ergab, wie man sie bereits für das Verhalten der Metalle gegen kornverkleinernde Zusatzstoffe kennt. Nach einem Vorschlag von L. W. Bugbee[23]) soll das Plattieren von Aluminiumgegenständen in der Weise durchgeführt werden, daß man sie während des Galvanisierens der Einwirkung eines Gebläsestrahls aussetzt und allmählich die Schleifwirkung so verringert, daß der Metallniederschlag diese übertrifft. Eine allgemeine Untersuchung über die Abscheidungs-

bedingungen des Antimons veröffentlichen F. C. Mathers und K. S. Means[24]). Es handelt sich um Vergleiche von Weinsäure-, Oxalsäure- und Flußsäurebädern, von denen die letzteren am günstigsten arbeiten, wenn sie geringe Mengen freier Säuren und einen Zusatzstoff organischer Natur enthalten. Die Wirkung der letzteren Stoffe wurde durch eine weitere, gemeinsam mit F. B. Richard[25]) durchgeführte Arbeit näher erforscht. Während aus Bädern ohne Zusätze der Antimonniederschlag stets kristallinisch und daher für galvanotechnische Zwecke unbrauchbar ausfällt, verändern ganz geringe Mengen von Aloin und Nelkenöl die Struktur derart, daß auch bei sehr hoher Stromausbeute ein glatter und glänzender Überzug erhalten werden kann. Verwiesen sei auf eine von J. Pusch[26]) gegebene Zusammenstellung über die Verwendung von Arsenbeize, der für Metallfärbezwecke ein sehr großes Anwendungsgebiet zukommt. Für die Silberplattierung von Bijouterien gibt E. J. Beaudry[27]) verschiedene Verfahren an, die im wesentlichen darin bestehen, daß man die aus Stahl bestehenden Waren nach dem Abbeizen erst vernickelt und dann mit dem Silberüberzug in zwei Bädern versieht, von denen das erste mit Anoden aus Stahl und das zweite stärkere Bad mit Silberanoden arbeitet. Stark glänzende Versilberungen, wie sie für Reflektoren gebraucht werden, erhält man aus Bädern, die einen geringen Zusatz von Schwefelkohlenstoff aufweisen. Die genaue Ausführung derartiger Versilberungen beschreibt J. Pusch[28]). Die Abscheidung von Silber aus Bädern mit etwas ungewöhnlicher Zusammensetzung an Salzen, wie sie in der Galvanotechnik wenig gebraucht werden, haben F. C. Mathers und T. G. Blue[29]) geprüft, ohne daß im allgemeinen günstige Ergebnisse nachgewiesen werden konnten. Für billige Vergoldungen[30]) wird ein cyankalisches Bad empfohlen, das charakteristisch ist durch den Zusatz von Cyannickel und die Verwendung von Nickel als Anodenmaterial. Ratschläge über die Aufarbeitung ausgebrauchter galvanischer Gold- und Silberbäder zwecks Wiedergewinnung des Metalls aus den cyankalischen Laugen gibt G. Nikolaus[31]), wobei er als zweckmäßigste Maßnahme das Abdampfen und Verschmelzen des Rückstandes empfiehlt. P. Marino[32]) verwendet für Zinkabscheidungen ein Bad, das neben Zinksalz und Borsäure noch Glyzerinschwefelsäure sowie milchsaures Zink enthält. C. W. Parker[33]) versieht Stahl in der Weise mit einer Schnellvernicklung, daß er vorbeizt in einer Mischung von Phosphorsäure und Braunstein. Daraufhin werden die Gegenstände mechanisch abgebürstet und in ein Nickelvitriolbad gebracht. Man soll bei diesem Verfahren mit einer bedeutend höheren Spannung arbeiten können, ohne daß ein Verbrennen des Niederschlags an den Kanten zu befürchten wäre. Über den Ersatz von Rhodanammonium und -kalium durch das leichter zugängliche Natriumsalz in Schwarznickelbädern äußert sich C. H. Proctor[34]), der auch eine entsprechend abgeänderte Vorschrift für ein solches Bad bringt. Von demselben[35]) wurden auch Zusammensetzungen für Nickelbäder zum Überziehen von Messing angegeben. Proctor[36]) beschreibt weiterhin ein Verzinnungsverfahren, um Messingpatronen und ähnliche Artikel auf der Innenseite zu überziehen. Das Bad enthält neben Chlorzinn, Ätznatron und Cyannatrium noch einen Zusatz von kohlensaurem Blei. Erwähnt sei eine Arbeit von S. A. Tucker und H. G. Loesch[37]) über den Einfluß der Mitverwendung von Wechselstrom auf die Abscheidung von Nickel aus Nickelsulfatlösungen. Die Herstellung von Legierungen aus Kobalt und Silber bezweckt ein Verfahren von P. Marino[38]), nach welchem das Bad neben Natriumthiosulfat oder Bisulfit die Kobalt- und Silbersalze in einem solchen Verhältnis enthalten soll, wie man die Metalle in der Legierung zu haben wünscht. Von Kremann und seinen Mitarbeitern wurden seit mehreren Jahren (JB 1914, S 137; 1915, S 136; 1916, S 130; 1917, S 116) Untersuchungen über die Abscheidung von Metallegierungen durchgeführt. Nunmehr liegt eine solche von Kremann und H. Breymesser[39]) vor über die Abscheidung von Eisen und Eisennickellegierungen bei gewöhnlicher Temperatur und höheren Wasserstoffdrucken. Die Eisenniederschläge waren infolge des Wasserstoffgehaltes hart und spröde und blätterten schichtenweise ab. Ein bei 20 Atm. abgeschiedenes

Elektrolyteisen zeigt keine Krümmungserscheinungen und ist weicher und fester. Aus Bädern von Nickel- und Eisenvitriol, die einem Wasserstoffdruck von 25 Atm. ausgesetzt waren, konnte ein Nickeleisen von ungefähr gleicher Zusammensetzung wie der technische Nickelstahl erzielt werden. Allerdings ist das Produkt sehr spröde und weniger fest. Über das Galvanisieren von Zinkgußgegenständen macht J. Pusch[40]) nähere Mitteilungen, wobei er außer der Vorbehandlung das Verkupfern, Vermessingen, Vernickeln sowie das Versilbern und Vergolden bespricht. Das Ätzen von verkupferten Zinkschildern, wie solche gegenwärtig als Ersatz für Reinkupferschilder genommen werden müssen, wird von A. Meysenburg[41]) beschrieben. Zur Herstellung einer genügend starken Kupferschicht verwendet man cyankalische Bäder und ätzt dann mit Eisenchlorid und Salpetersäure, worauf man den Grund in einem Schwarznickelbad galvanisch dunkel färbt.

Elektrolytische Analyse.

Elektroden. Zur möglichsten Einsparung des Platins hat F. A. Gooch bereits vor mehreren Jahren (JB 1913, S 139) eine Apparatur mit sehr kleinen Platinelektroden vorgeschlagen. Nunmehr wurde diese Methode durch Gooch und M. Kobayashi[42]) verbessert, so daß man trotz der kleinen Anodenflächen Flüssigkeitsmengen bis zu 100 cm³ elektrolysieren kann. Das Platinnetz ist dabei nur 1,2 cm² groß. Die infolge der hohen Stromdichte abfallenden Metallabscheidungen werden durch ein Filterröhrchen mit Platinnetzeinsatz abgesaugt und gewogen. Ganz ohne Platin arbeitet T. Batuecas[43]) bei seiner Zinnbestimmungsmethode. Als Anodenmaterial dient Graphit, während Kupfer für die Kathode Verwendung findet. Zum Nachweis von Quecksilber in minimalsten Mengen, wie er bei toxikologischen Prüfungen häufig zu führen ist, schlägt K. C. Browning[44]) das Quecksilber elektrolytisch auf eine Goldfolie von sehr geringen Abmessungen nieder.

Analysenmethoden. Bei der bereits erwähnten Methode von Batuecas[45]) wird das Zinn aus salzsaurer Lösung gefällt. Handelt es sich um Trennungen von Zink und Kadmium, so wird ein Elektrolyt aus Salzsäure und Weinsäure verwendet, während die Abscheidung von Zinn bei Gegenwart von Silber mit weinsaurem Ammonium durchgeführt werden kann. A. Costantino[46]) nimmt die el. Bestimmung des Quecksilbers im Quecksilbersalizylat in der Weise vor, daß er die Substanz zunächst mit etwas konzentrierter Schwefelsäure erhitzt und die hierauf verdünnte Lösung mit rotierender Anode in einer Platinschale oder mit Quecksilberkathode elektrolysiert. Wie E. D. Koepping[47]) nachwies, kann bei der Elektroanalyse von Kupfermanganlegierungen der Kupfergehalt nur dann einwandsfrei bestimmt werden, wenn man die gleichzeitige anodische Abscheidung des Mangans verhindert, was man entweder durch Anwendung löslicher Anoden oder durch die von L. W. Mc Cay (JB 1915, S 138) vorgeschlagene Elektrolysierflüssigkeit erreichen kann. Als Anodenmaterial hat sich weder Eisen und Zink noch Kadmium und Aluminium bewährt, dagegen befriedigen Nickelanoden. Über die Theorie der el. Bestimmung der Halogene in Form von Halogensilber hat A. H. W. Aten[48]) eine Abhandlung veröffentlicht und die Bedingungen für die günstigste Abscheidung des Halogensilbers an der Silberanode ermittelt. Auf die Einzelheiten kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Die Methode verdient jedoch insofern großes Interesse, als sie die Anwendbarkeit der Elektroanalyse über die Metallbestimmung hinaus auch auf die Ermittelung der Säurereste ausdehnt.

[1]) Schneider, DRP 306081, Kl 48a. — [2]) Strecker, DRP 302902, Kl 48a. — [3]) Glasindustrie Bd 29, S 105. — [4]) Unno, EP 106184 von 1916; J. Soc. Chem. Ind. Bd 37, S 721. — [5]) Reinboth, Metalltechnik Bd 44, S 10. — [6]) Metall S 15. — [7]) Metall S 46. — [8]) Metall S 156. — [9]) Pradel, El. Anz. S 57, 331, 347. — [10]) Dekay Thompson u. Mahlman, Met. Chem. Eng. Bd 16, S 586. — [11]) Metalltechnik Bd 44, S 138. — [12]) Waldberg u. Levy, Bayer. Ind.- u. Gewerbebl. Bd 104, S 183. — [13]) Thompson, Metalltechnik Bd 44, S 70. — [14]) Hofmann,

USP 1225956. — J. Soc. Chem. Ind. Bd 37, S 721. — [15]) Fuller, Met. Chem. Eng. Bd 17, S 467. — [16]) Lane u. Honeyman, EP 105582 von 1916. — J. Soc. Chem. Ind. Bd 36, S 600. — [17]) Jones, EP 102897 von 1916. — J. Soc. Chem. Ind. Bd 36, S 222. — [18]) Parker, DRP 307459, Kl 48d. — [19]) Krause, Chem. techn. Wochenschr. S 111, 121. — [20]) Reinboth, Metalltechnik Bd 44, S 130. — [21]) Watts u. Braun, Met. Chem. Eng. Bd 16, S 587. — [22]) Mathers u. Leible, wie [21]). — [23]) Bugbee, USP 1214271. — [24]) Mathers u. Means, Met. Chem. Eng. Bd 16, S 587. — [25]) Mathers u. Richard, wie [24]). — [26]) Pusch, Metalltechnik Bd 44, S 28. — [27]) Beaudry, Met. Ind. Bd 16, S 27. — [28]) Pusch, Bayer. Ind. u. Gewerbebl. Bd 104, S 174. — [29]) Mathers u. Blue, Met. Chem. Eng. Bd 16, S 587. — [30]) Bayer. Ind.- u. Gewerbebl. Bd 103, S 175. — [31]) Nicolaus, Elchem. Z. Bd 24, S 165. — [32]) Marino, EP 105255 von 1916. — J. Soc. Chem. Ind. Bd 36, S 600. — [33]) Parker, Met. Chem. Eng. Bd 16, S. 284. — [34]) Proctor, Metal Ind. Bd 16, S 26. — [35]) Proctor, Metal Ind. Bd 16, S 73. — [36]) Proctor, Metal Ind. Bd 16, S 74. — [37]) Tucker u. Loesch, J. Ind. Eng. Chem. Bd 9, S 841. — [38]) Marino, EP 102828 von 1916. — J. Soc. Chem. Ind. Bd 36, S 222. — [39]) Kremann u. Breymesser, Wiener Monatshefte Bd 38, S 359. — [40]) Pusch, Metalltechnik Bd 44, S 122. — [41]) Meysenburg, Metall S 141. — [42]) Gooch u. Kobayashi, Am. J. Science Bd 43, S 391. — [43]) Batuecas, J. Chem. Soc. Bd 112, S 106. — [44]) Browning, J. Chem. Soc. Bd 112, S 236. — 45) Batuecas, J. Chem. Soc. Bd 112, S 106. — [46]) Costantino, Giorn. Farm. Chim. Bd 67, S 7. — [47]) Koepping, Met. Chem. Eng. Bd 14, S 441. — [48]) Aten, Z. anal. Chem. Bd 57, S 177.

Elektrometallurgie.

Von Oberingenieur Viktor Engelhardt.

Allgemeines.

Elektrische Öfen. Neuerungen von grundlegender Bedeutung hat das Berichtsjahr weder bezüglich des Baues noch des Betriebes el. Öfen in der Metallurgie gebracht. Bei dem großen Interesse, welches aber den elektrometallurgischen Öfen während des Krieges entgegengebracht wurde, häuften sich besonders im feindlichen Auslande die Erörterungen in technischen und wissenschaftlichen Vereinen über den Bau und Betrieb dieses verhältnismäßig noch neuen technischen Hilfsmittels.

So sprachen z. B. in einer Bostoner Versammlung der American Foundrymen Association[1]) Walker über die neueste Entwicklung in der Anwendung des el. Ofens für Schmelzprozesse, Messinger über einen Vergleich des el. Ofens mit dem Konverter, Crosby über den el. Ofen vom Standpunkt der el. Zentrale, Crowly über Konstruktion el. Öfen.

In der Londoner Faraday-Society[2]) erörterten Etchells die Anwendung des el. Ofens für industrielle Zwecke, Bibby die el. Raffinationsöfen, Fleming-Hill die Kontrolle der el. Öfen.

Wolff[3]) bringt eine Zusammenstellung, die sich in der Hauptsache auf die kleineren Versuchsöfen erstreckt. Er bespricht die bekannten Laboratoriumsöfen von Moissan, ferner kleine el. Tiegelöfen mit Heizung durch Silitstäbe und die Transformator-Tiegelöfen nach Hellberger für Einsatzgrößen von 150 g bis 50 kg. An erforderlicher Energie zum Schmelzen von je 100 kg werden angegeben: Messing 50, Schmiedeeisen 150, Nickel 160, Aluminium 80 kWh.

Piernet[4]) behandelt den direkten Anschluß von Einphasenöfen an Drehstromnetze. Dieser Fall ist übrigens der seltenere, da meistens die Öfen entweder direkt für Drehstrom gebaut oder mit Scottscher Schaltung versehen sind. Er behandelt ausführlich die beiden Fälle, wonach entweder die Kraftaufnahme des an eine Phase angeschlossenen Ofens gegenüber der Gesamtleistung unwesentlich ist oder den Betrieb der Zentrale schon stark beeinflußt.

Lindstrom[5]) empfiehlt zur Herabsetzung der Induktionserscheinungen konzentrische Rohre zwischen Transformator und Ofen. Es werden Wandstärken von 15 bis 20 mm angegeben. Je größer der Durchmesser der Rohre,

je dünner diese sind und je größer die Entfernung zwischen den beiden Rohrsätzen ist, desto günstiger sind die Ergebnisse.

Elektrodenkohlen. Eine ausführliche englische Zusammenstellung[6]) bespricht Dichte, Härte, Oberflächenbeschaffenheit, chemische Eigenschaften, Leitfähigkeit, Form, Ausmaße, Anordnung im Ofen, Länge, Abnutzung und deren Einschränkung, Fassungen und Kühlvorrichtungen, Regulierung durch Hand oder mechanisch, metallische oder mit Metallen kombinierte Elektroden, Elektroden im Ofenfutter. Auf eine zweite englische Veröffentlichung ähnlichen Inhaltes sei hingewiesen[7]).

Eisen.

Roheisen. Lohse[8]) empfiehlt die Herstellung von hochwertigem Roheisen im el. Ofen in der Weise, daß man zuerst ganz reines, weiches Elektroflußeisen erzeugt und dieses dann durch feinen Koks aufkohlt. Aus solchem Material hergestellte Güsse haben große Dichte und Festigkeit.

Stahl und Flußeisen. Während des Krieges ist in allen Ländern die Erzeugung an Elektrostahl ganz wesentlich gestiegen. Man kann jetzt auch im Inlande die Erzeugung während der Kriegszeit besser übersehen, da die Veröffentlichungsverbote aufgehoben worden sind. Von Interesse ist es dabei auch, das gegenseitige Verhältnis in der Erzeugung von Tiegelstahl und Elektrostahl zu verfolgen, welche beiden Stahlgruppen zusammen als Edelstahl bezeichnet werden. Zum besseren Vergleich sind in nachstehender Zahlentafel auch die Mengen zur Zeit des Beginnes einer nennenswerten industriellen Elektrostahlfabrikation angegeben.

Edelstahlerzeugung Deutschlands.

Jahr	Tiegelstahl t	Elektrostahl t	zusammen Edelstahl t	Tiegelstahl %	Elektrostahl %
1908	88 183	19 536	107 619	81,9	18,1
1914	95 096	89 336	184 432	51,6	48,4
1915	100 578	131 579	232 157	43,3	56,7
1916	110 472	178 585	289 057	38,2	61,8
1917	129 784	219 700	349 484	37,2	62,8
1918	86 555	240 037	326 592	26,5	73,5

Man ersieht aus dieser Zahlentafel ganz deutlich, wie der Elektrostahl immer mehr den Tiegelstahl verdrängt. Bezüglich der Ofensysteme ist das alte Verhältnis bestehen geblieben, wonach ca. $1/3$ des Elektrostahls im Induktionsofen, $2/3$ im Lichtbogenofen erzeugt und der Induktionsofen in der Hauptsache von den eigentlichen Edelstahlwerken bevorzugt wird.

Edelstahlerzeugung Österreich-Ungarns.

Jahr	Tiegelstahl t	Elektrostahl t	zusammen Edelstahl t	Tiegelstahl %	Elektrostahl %
1908	19 659	4 333	23 992	81,9	18,1
1914	17 557	19 844	37 401	46,9	53,1
1915	26 151	23 895	50 046	52,2	47,8
1916	34 033	47 247	81 280	41,9	58,1
1917	31 905	47 152	79 057	40,3	59,7
1918	13 903	41 163	55 066	25,3	74,7

Im früheren Österreich-Ungarn lagen die prozentualen Anteile bezüglich Tiegelstahl und Elektrostahl ganz ähnlich, nur daß hier ca. $^2/_3$ im Induktionsofen und ca. $^1/_3$ im Lichtbogenofen erzeugt wurden.

Für die feindlichen Länder liegen einwandfreie Zahlen noch nicht vor. In England sollen[9]) 40 Elektrostahlöfen im Betriebe sein und soll sich dadurch insbesondere Sheffield von dem Bezuge des teueren schwedischen Eisens freigemacht haben. In besonderem Umfange soll der Ofen von Greaves-Etchells[10]) (eine Art Héroultofen) zur Anwendung gelangt sein, bei welchem die el. Schaltung in der Weise geändert ist, daß die beiden oberen Elektroden an zwei Phasen liegen und der Ofenherd als dritte Elektrode dient. Der Ofen soll für Fassungen von 0,1 bis 10 t gebaut werden und bei 3 t 800, bei 6 t 1560 kVA benötigen. Als Produktionszahlen werden für 1915 22352 t, für 1916 50044 t Elektrostahl angegeben. Die Erzeugungsfähigkeit sämtlicher Anlagen soll 100000 t im Jahr betragen. In den Vereinigten Staaten werden 200 Elektrostahlöfen angegeben, die eine Erzeugungsmöglichkeit von 1200000 t Elektrostahl bei einem Stromverbrauch von 750000000 kWh haben sollen[11]). Die Richtigkeit dieser Ziffern darf man wohl bezweifeln, da die Vereinigten Staaten 1917 nur 309416 t Elektrostahl erzeugten. Es dürfte wohl die Angabe von Mathews[12]) zutreffender sein, welcher gelegentlich der Jahresversammlung der American Electrochemical Society die Jahresproduktion für 1916 auf 120000 t, die dafür installierten Anlagen auf 150000 kVA schätzt. Auf der gleichen Versammlung sprachen Lindsay über kalten Einsatz und die Regierungsanlage in Toronto mit 10 Héroultöfen zu 6 t, Richards über die Projekte der U. S. Steel Corporation in Südchicago (10 Öfen zu 30 t im Anschluß an zwei Siemens-Martinöfen zu je 250 t), Flinterman über die Elektrostahlgußanlage der Michigan Steel Casting Co., Buck über den Girodofen von 10 t der Bethlehem Steel Co., Baur über den Rennerfeldt-Ofen.

Hadfield[13]) vergleicht die Ausnutzung der verschiedenen Heizquellen beim Stahlschmelzen und kommt zu folgendem Ergebnis:

Vorgang	Thermischer Nutzeffekt		
Erhitzen von Stahl auf 900°	Kohle 23 %	Gas 32 %	Elektrizität 54 %
Schmelzen und Fertigmachen	Tiegel 0,4 %	Herdofen 13,5 %	Elektroofen 47 %

Trotzdem sei Kohle am billigsten und Elektrizität am teuersten, doch hätte die el. Erhitzung Vorteile, die sich nicht ohne weiteres ziffernmäßig ausdrücken lassen.

Lorenz[14]) hält auf saurem oder basischem Herd erschmolzenen Elektrostahl im wesentlichen für gleichwertig. Der saure Elektrostahl läßt sich etwas bequemer vergießen und die Schlacke etwas besser abziehen. Bei Zusatz von etwas Aluminium verhält er sich in der Pfanne, in der Form und beim Gebrauch wie der auf basischer Zustellung erschmolzene Elektrostahl.

Snyder[15]) vergleicht in einer wirtschaftlichen Studie die einphasigen und dreiphasigen Elektrostahlöfen ohne Rücksicht auf das Ofensystem. Im allgemeinen neigt er den einphasigen Öfen mehr zu. Bei diesen seien die Verhältnisse bezüglich Elektrodenkosten, Löhne, Erhaltung, Abschreibung und Zinsen günstiger, während bei den Auslagen für feuerfestes Material, Strom und Rohmaterial nach keiner der beiden Richtungen besondere Vorteile vorliegen.

Ferrolegierungen. Holmgren, Aqvist & Hellsing[16]) reduzieren für die Erzeugung von Ferrosilizium Alaunschiefer und sonstige Quarz und Tonerde enthaltende Rohmaterialien mit Eisen im el. Ofen, wobei durch erhöhten Kohlenzusatz neben dem Silizium auch Aluminium reduziert werden kann. — Härdén[17]) bespricht mit Rücksicht auf die Ferromanganfrage die Verwertung der schwe-

dischen Manganerze. Als typische Zusammensetzung eines im el. Ofen hergestellten Ferromangans wird angegeben: Mn 80,60%, Fe 11,93%, C 6,41%, Si 0,65%, P 0,08%, S 0,026%. Reineres Produkt kann man nur auf aluminothermischem Wege herstellen. Die übrigen Angaben über das el. Umschmelzen von Ferromangan im Stahlwerksbetrieb sind bekannt.

Elektrolyteisen. Über die Bestrebungen, das Elektrolyteisen im Kriege für Heereszwecke zu verwenden, ist bisher aus begreiflichen Gründen wenig bekannt geworden. Das bekannteste Verfahren ist das von den Langbein-Pfanhauserwerken in Leipzig zusammen mit F. Fischer ausgearbeitete. Es besteht in der Hauptsache in der Elektrolyse von Anoden aus Martineisen in heißen Eisenchlorürlösungen unter Zusatz hygroskopischer Salze. Der Kupfermangel führte dazu, dieses Material als Ersatz insbesondere für artilleristische Zwecke zu nehmen, nachdem eingehende Schießversuche die Verwendbarkeit für Führungsbänder ohne zu starke Rohrabnutzung als zulässig erwiesen hatten. Auf Grund der Resultate größerer, in den Jahren 1917 bis 1918 gebauter und betriebener Versuchsanlagen wurden zwei große Anlagen für je etwa 200 t Monatserzeugung von der Siemens & Halske A.-G. in München und von der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron in Bitterfeld für den Militärfiskus gebaut. Infolge des politischen Umsturzes kamen diese Anlagen nicht mehr in vollen Betrieb. Man übersieht aber derzeit vollständig die großindustriellen Gestehungskosten für dieses Material. Diese dürften vorläufig für eine allgemeinere Anwendung in der Starkstromtechnik noch zu groß sein, doch wird sich eine ganze Reihe von Anwendungsmöglichkeiten kleineren Umfanges ergeben, bei welchen der Preis keine solche einschneidende Rolle spielt. In der gleichen Zeit wurden noch andere Herstellungsverfahren für Elektrolyteisen (Schlötter, Estelle, Siemens & Halske) in kleinerem Maßstabe erprobt.

Sonstige Schwermetalle.

Kupfer. Welbourn[18]) beziffert die Gesamterzeugung an Elektrolytkupfer in normalen Jahren auf 1 Mill. t, wovon Amerika $^3/_4$, bzw. die Vereinigten Staaten die Hälfte erzeugen. Das Rohkupfer wird derzeit meistens mit 97 bis 99% Reinheit zu Anoden vergossen. Ein Anodenschmelzofen hat 150 bis 200 t Fassung, das Anodengewicht beträgt rd. 200 kg, die Badspannung 0,3 V, das Elektrolyt enthält 180 bis 240 kg Kupfersulfat und 40 bis 75 kg Schwefelsäure auf 1 m^3; Temperatur 55^0 C, Stromdichte normal 80, maximal 130 A/m^2. — Addicks[19]) bespricht die Verunreinigungen im raffinierten Elektrolytkupfer. Bei idealer Raffination müßten alle Verunreinigungen in den Anodenschlamm gehen und das Elektrolyt unverändert bleiben. Dies läßt sich natürlich im Betriebe nicht erreichen. Man muß daher die Verunreinigungen des Anodenschlammes vom Elektrolytkupfer fernhalten und aus Anodenschlamm und Elektrolyt die verwertbaren Verunreinigungen wiedergewinnen. Die Arbeit enthält ausführliche Angaben über die Herkunft der Verunreinigungen, deren Verteilung bei der Raffination und die Reinigung und Aufarbeitung des Elektrolyts.

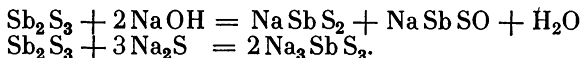
Über das Schmelzen von Schwermetallen, insbesondere von Kupferlegierungen im el, Ofen gibt Bailey[20]) verschiedene Unterlagen:

Bronze	(85% Cu, 15% Sn) . .	450	kWh/t
Abfallmessing . . .	(72% Cu, 28% Zn) . .	320	„
	(70% Cu, 30% Zn) . .	275	„
Messingbohrspäne . .	(70% Cu, 30% Zn) . .	720	„

Kosten für 1 t Messing:

	400 kWh zu 1 ct	4,00	Doll.
Materialverlust	1% Zn, 10 cts für 1 Pfd. . .	2,00	„
	Löhne bei 36 cts/h.	1,20	„
	Erneuerung und Reparaturen	1,00	„
		8,20	Doll.

Antimon. Demorest[21]) greift die alte Frage der Laugung von schwefligen Antimonerzen mit Alkalien bzw. Schwefelalkalien und elektrolytischer Fällung der erhaltenen Lösungen wieder auf. Die Laugerei verläuft nach folgenden Gleichungen:



$$Sb_2S_3 + 2NaOH = NaSbS_2 + NaSbSO + H_2O$$
$$Sb_2S_3 + 3Na_2S = 2Na_3SbS_3.$$

An der Anode entsteht durch Oxydation Natriumthiosulfat und Na_2S. Es nimmt daher die Lösefähigkeit des Elektrolyts ab und dieses muß erneuert werden, sobald die Eisenanoden durch Überführung in Schwefeleisen angegriffen werden. Als Kathoden dienen durchlochte Bleche, von welchen das bis zu Zollstärke niedergeschlagene Antimon abgeklopft wird. Der Niederschlag ist sehr rein. Stromausbeute 76%, Spannung 2,7 V, Stromdichte 8 A/dm^2.

Burr[22]) macht ähnliche Vorschläge und verwendet ein Elektrolyt mit 7% NaOH und 2% NaCl. Hingegen arbeitet er mit der wesentlich geringeren Stromdichte von 80 bis 90 A/m^2. Die Reinheit des Elektrolytantimons wird mit 99,94% angegeben.

Der Verfasser dieses Berichtes hat sich selbst vor Jahren mit der elektrolytischen Antimongewinnung sehr eingehend unter Verwendung ganz ähnlicher Maßnahmen beschäftigt. Technisch ist die Frage jedenfalls leicht lösbar, ein wirtschaftlicher Erfolg war aber im Wettbewerb mit den thermischen Verfahren bisher nicht zu erreichen.

Zink. Watts[23]) hat auf der Hüttenschule in Kingston eingehende Versuche über die elektrolytische Verarbeitung rebellischer Zinkerze angestellt. Die Elektrolyse von Zinkbisulfit war weder allein noch als Zusatz zu schwefelsaurer Lösung durchführbar. Hingegen erhielt man durch Röstung des Sulfits auf Oxyd und dessen Verarbeitung auf Sulfatlösung gute Resultate. Anode: Blei. Kathode: Kupfer, Zink oder Aluminium. Stromdichte 2,5 bis 4 A/dm^2 bei 3,5 bis 6 V. Stromausbeute gegen 100%. Zinkausbringen 95 bis 100%. Ob auf die Dauer ein solcher Zusatz von immerhin etwas unreinem Oxyd mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit der elektrolytischen Zinkniederschläge durchführbar ist, muß bezweifelt werden. Bei einer größeren Versuchsanlage in Welland verwendete man daher Diaphragmen, die aber auch Schwierigkeiten ergaben.

Nathusius[24]) befürwortet bei der elektrothermischen Zinkgewinnung mit Rücksicht auf die zu hohe Temperatur des Lichtbogens die Anpassung an den bei 1000° bis 1200° arbeitenden Muffelprozeß. Das Arbeiten mit flüssiger Schlacke sei nachteilig. Bei diesen Vorschlägen handelt es sich um eine Art el. Schachtofens, der durch Widerstandserhitzung betrieben wird, und bei welchem die Elektroden mit Leitern zweiter Klasse überstampft sind.

Nach einem Berglund[25]) geschützten Verfahren zur Kondensierung von Zinkdämpfen bei der elektrothermischen Gewinnung von Zink wird für zwei oder mehrere el. Öfen ein gemeinsamer Kondensator verwendet. Dieser kann also im Betrieb bleiben, selbst wenn ein Teil der Öfen ausgeschaltet bzw. die bezüglichen Gasleitungen abgesperrt werden.

Bei der Verarbeitung von Zinkpulver auf Zink im el. Ofen bringt die Norsk Elektrisk Metallindustri A. S.[26]) das Pulver auf die Schmelztemperatur des Zinks und verursacht durch entsprechende mechanische Vorrichtungen ein gegenseitiges Reiben der einzelnen Teile der Beschickung, wodurch die einhüllende Oxydhaut entfernt und ein Zusammenschmelzen erleichert wird.

Leichtmetalle.

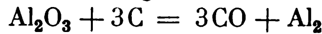
Aluminium. In einer englischen Besprechung[27]) der angewendeten Verfahren und der damit erzielten Ergebnisse wird die jährliche Produktion an Aluminium der einzelnen Länder wie folgt geschätzt:

Vereinigte Staaten und Kanada . .	18000 t
Frankreich	15000 t
Deutschland und Österreich-Ungarn	10000 t

Schweiz	6000 t
Großbritannien	3000 t
Norwegen	1500 t
Italien	1000 t

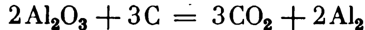
Die verfügbare Energie der wichtigsten Werke soll zusammen rd. 250000 kW betragen.

Seligmann[28]) hält die bisherige Annahme des anodischen Vorganges



$$Al_2O_3 + 3C = 3CO + Al_2$$

für unrichtig und behauptet, daß nach der Gleichung



$$2Al_2O_3 + 3C = 3CO_2 + 2Al_2$$

primär Kohlensäure und erst durch deren Reduktion sekundär Kohlenoxyd entstehe.

1) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 702. — 2) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 773. — Engineering Bd 106, S 86, 110. — El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 270. — 3) Th. Wolff, Helios Fachz. 1917, S 373. — 4) E. Piernet, Rev. Gén. El. Bd 3, S 732. — 5) A. Lindstrom, El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 56. — 6) El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 245, 285, 309. — 7) El. World Bd 70, S 963. — 8) U. Lohse, El. Masch.-Bau S 170. — 9) El. Masch.-Bau S 10. — 10) El. Rev. (Ldn.) Bd 80, S 395. — 11) El. World Bd 70, S 632. — 12) J. A. Mathews, El. Rev. (Ldn.) Bd 80, S 670, 695. — 13) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 903. — 14) A. W. Lorenz, Stahl u. Eisen 1917, S 979. — Foundry 1917, S 220. — 15) F. T. Snyder, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 148. — El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 222. — 16) Holmgren, Aqvist & Hellsing, DRP 303480, Kl 18a. — 17) J. Härdén, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 611. — 18) B. Welbourn, ETZ S 329. — J. Inst. El. Eng. Bd 54, S 54. — 19) L. Addicks, Met. & Chem. Eng. Bd 16, S 687. — Z. angew. Chem. S 270. — 20) T. E. Bailey, El. World Bd 70, S 1110. — 21) D. J. Demorest, El. Masch.-Bau S 331. — Metall u. Erz S 114. — 22) W. A. Burr, Eng. Min. J. Bd 104, S 789. — 23) E. E. Watts, El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 127. — 24) H. Nathusius, El. Masch.-Bau S 411. — 25) E. S. Berglund, DRP 306809, Kl 40c. — Z. angew. Chem. S 271. — 26) Norsk Elektrisk Metallindustri A. S., DRP 307293, Kl 40a. — 27) El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 263. — 28) R. Seligmann, El. Rev. (Ldn.) Bd 80, S 446.

Herstellung chemischer Verbindungen.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Alkalichloridelektrolyse. Der Streit über das geistige Eigentum an der Siemens-Billiter-Zelle wurde von J. Nußbaum[1]) und J. Billiter[2]) heftig weitergeführt. Als Wesen seiner Erfindung hebt Billiter hervor: das aus einem Gemisch faseriger und pulveriger Stoffe bestehende Diaphragma, die Verbindung eines solchen Diaphragmas mit einem leeren Kathodenraum und die Speisung des Kathodenraumes lediglich durch die schwerste alkalireiche Schicht, welche sich dem Diaphragma auflagert und es durchdringt. Außerdem sei er der erste gewesen, der so hohe Stromausbeuten bei der Gewinnung verhältnismäßig starker Alkalilaugen mit niederer Badspannung bei technischen Dauerversuchen erzielt habe.

Durch die Knappheit an Asbest wurden S & H[3]) veranlaßt, das Diaphragma, welches sie bisher durch Auftragen eines Gemisches von Asbest mit Bariumsulfat auf ein Asbesttuch herstellten, nunmehr durch Zusammenrühren von Zement und faseriger Zellulose mit Wasser zu gewinnen. Die erzeugten Platten sind nach dem Abbinden um so biegsamer und poröser, je mehr Zellulose genommen wird. Das Eisendrahtnetz, welches das Diaphragma trägt und gleichzeitig als Kathode dient, wird von den Höchster Farbwerken[4]) durch einen Stabrost ersetzt, dessen Stäbe seitlich ausweichen können. Dann bleibt die Rostfläche stets eben, während das an der Wand der Wanne befestigte Drahtnetz infolge der Dehnung einzelner Drähte leicht Einbuchtungen erlitt, wodurch das brei-

artige Diaphragma ungleich dick wurde, was wiederum eine ungleiche Stromverteilung zur Folge hatte.

Für die elektrolytische Gewinnung von Kaliumchlorat war die Beschaffung des Platins zu den Anoden recht schwierig. In Amerika half sich A. G. Betts[5]) mit Anoden aus Kohle. Damit diese und die aus Magnesiummetall bestehenden Kathoden nicht rasch zerstört würden, hielt er die Flüssigkeit an der Anode sauer, an der Kathode alkalisch, indem er ein so durchlässiges Diaphragma einschaltete, daß es zwar die Strömung hemmte, aber Anoden- und Kathodenflüssigkeit nicht völlig trennte. Magnesium als Kathode bietet ihm den Vorteil, daß es sich mit einer freien Oxydhaut bedeckt, welches die Verluste, welche durch kathodische Reduktion des an der Anode gebildeten Chlorats verursacht werden, auf ein geringes Maß herabsetzt. Das nötige Kaliumchlorid mußte, weil aus Deutschland kein Kali hereinkam, aus Feldspat gewonnen werden.

Den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Größen, welche die Gestehungskosten eines elektrochemischen Erzeugnisses, z. B. Natronlauge oder Chlor, bedingen, versuchte J. Nußbaum[6]) durch eine Gleichung darzustellen, um daraus die geringsten Kosten rechnerisch abzuleiten. Hierzu muß er freilich mehrere Hilfsannahmen machen, damit alle Veränderlichen, Anschaffungskosten, Stromkosten, Menge der täglichen Erzeugung usw. nur Funktionen der Gestehungskosten werden. Im Falle, daß die Stromausbeute fast unveränderlich ist, vereinfacht sich die Rechnung wesentlich.

Elektrolytische Reduktion. In der Chemie der Farben und Arzneimittel wird Zinnchlorür häufig als Reduktionsmittel benutzt; hierbei wird es zu Zinnchlorid oxydiert. Um es wieder zurückzubilden, führen S & H[7]) die Zinnchloridlösung über eine wagerechte Kathode. Die Anoden hängen am Wannendeckel in Diaphragmenzellen, welche mit Abzugsrohren für das an den Anoden entweichende Chlorgas versehen sind.

Elektrolytische Oxydation. Die bei der Farbstofferzeugung als Oxydationsmittel dienende Chromsäure pflegt nach Gebrauch elektrolytisch wieder aufgefrischt zu werden. P. Goldberg[8]) will hierbei die kathodische Reduktion der an der Anode wieder zu Chromat oxydierten Chromlauge dadurch vermeiden, daß er in der sauren Flüssigkeit so viel Kupferoxyd auflöst, daß sie hernach bei der Elektrolyse an der Kathode Kupfer und keinen reduzierenden Wasserstoff abscheidet. — Um bei der Gewinnung von Kaliumpersulfat durch Elektrolyse von Kaliumbisulfat die Stromausbeute zu erhöhen, setzen O. Neher & Co. und O. Nydegger[9]) dem Elektrolyt Natrium- oder Ammoniumsulfat zu; das Kaliumpersulfat soll außerdem infolge dieses Zusatzes besonders schön ausfallen und nur noch etwa 1% Sulfat enthalten. — Zur Gewinnung von Natriumperborat elektrolysiert die Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt[10]) eine Natriumkarbonatlösung mit überschüssigem, festem Borax. — Henkel & Co.[11]), welche kathodisch Wasserstoffperoxyd gewinnen, indem sie während der Elektrolyse Sauerstoff einleiten, stellen feste Peroxydverbindungen dadurch her, daß sie dem alkalischen Elektrolyt lösliche Stoffe zuführen, welche mit dem Wasserstoffperoxyd schwerlösliche Verbindungen geben; durch Zusatz von Natronwasserglas erhöhen sie die Ausbeute.

Bindung des Luftstickstoffes. Um den Stickstoff an Kalziumkarbid als Kalziumzyanamid zu binden, wird feingemahlenes Karbid auf helle Rotglut im Stickstoffstrome erhitzt. Hierzu dienen bei dem sog. Frank-Karoschen Verfahren eiserne Trommeln, welche von innen elektrisch angeheizt werden, bei dem Polzeniusschen Verfahren mit Gas von außen geheizte Kanalöfen; das erste Verfahren wird z. B. von den Reichsstickstoffwerken in Piesteritz (Bez. Halle), das zweite von der A.-G. für Stickstoffdünger in Knapsack bei Köln ausgeübt. Ein drittes, von dem Schweden Fredrik Carlson erfundenes Verfahren benutzt einen Schachtofen, in welchem das Karbid zwischen Kohlenelektroden abwärts geführt wird, während ihm von unten Stickstoff entgegenströmt. — M. Dolch[12]) hat in einem Vortrag diesen Carlsonofen als

unwirtschaftlich angegriffen. Demgegenüber erklärte die A. B. Nitrogenium[13]), welche diesen Ofen baut, daß der Carlsonofen mit sparsamem Verbrauch von Elektroden und guter Ausnutzung des Karbides arbeitet und nach Störungen der Stromzufuhr kürzere Zeit als die anderen Verfahren braucht, um wieder in Gang zu kommen. Es würden auch außerhalb Schwedens große Anlagen mit Carlsonöfen gebaut. — In den Vereinigten Staaten hat man gegen Ende des Krieges ebenfalls eine große Anlage für Bindung von Luftstickstoff gebaut, da der ungeheure Verbrauch von Salpetersäure für Munition durch die Zufuhr von Chilesalpeter nicht gedeckt wurde. Man gab anscheinend dem Verfahren von J. F. Bucher[14]) den Vorzug, bei welchem der Stickstoff als Zyanid gebunden wird, indem man ihn über ein brikettiertes Gemisch von Soda, Koks und Eisenpulver bei mäßiger Rotglut leitet. — O. Serpek[15]), welcher Stickstoff als Aluminiumnitrid bindet, indem er Tonerde mit Kohle im Stickstoffstrom erhitzt, hat bisher keinen Erfolg gehabt, trotzdem die zur Durchführung seines Verfahrens gegründete Société Générale des Nitrures gewaltige Geldmittel aufwendete. Bei der erforderlichen sehr hohen Hitze hielt nämlich kein Ofenmaterial dem chemischen Angriff der Beschickung auf die Dauer stand. Er will nun diese Schwierigkeit dadurch überwinden, daß er Tonerde und Kohle in Pulverform durch einen genügend hoch erhitzten Raum verstäubt, während Stickstoff entgegenströmt. — Während Kalkstickstoff, Natriumzyanid und Aluminiumnitrid erst durch Wasserdampf in Ammoniak übergeführt und dieses durch Erhitzen mit Luftsauerstoff über Platin oxydiert werden muß, um Salpetersäure zu erhalten, liefert die Erhitzung von Luft im Flammenbogen geradenwegs die nitrosen Gase für die Salpetersäuredarstellung. Dieses zuerst bekanntlich von Birkeland und Eyde in Norwegen erfolgreich in großem Maßstabe durchgeführte Verfahren, welches freilich sehr viel el. Energie verbraucht, hat zu mannigfachen Ofenkonstruktionen zahlreicher Erfinder Anlaß gegeben. Neuerdings hat V. Lipinski[16]) sich folgende gut durchdachte Anordnung schützen lassen: Zwischen zwei konzentrischen Ringelektroden kreist im magnetischen Felde der Lichtbogen. Die dadurch entstandene Flammenfläche wird durch vorgewärmte Luft, welche an der inneren Elektrode eintritt und längs der Flamme fließt, sowie durch kalte Gase, welche mit großer Geschwindigkeit über den Luftstrom strömen, zu einer flachen, formbeständigen Flammenscheibe abgeplattet. Am äußeren Rande der Scheibe vermischen sich die kühlen „Abschreckungsgase“ mit den heißen „Reaktionsgasen“ und werden vereint abgesogen. Auf diese Weise wird die Luft ausgiebig mit der Flamme in Berührung gebracht, wobei sich die der Temperatur entsprechende Menge Stickoxyd bildet, und danach gründlich abgekühlt, damit beim Austritt aus dem heißesten Gebiete nicht das Stickoxyd größtenteils wieder zerfällt. — Bei einem Vergleiche zwischen den verschiedenen Verfahren der Bindung des Stickstoffes berechnete E. Kilburn Scott[17]), indem er den Verbrauch von 1 t Kohle 1500—1600 kWh gleichsetzte, folgende Zahlen: 1 kW-Jahr liefert beim Lichtbogenverfahren 130 kg gebundenen Stickstoff, beim Kalkstickstoffverfahren 380 kg, beim Haberschen Verfahren 830 kg. Die Herstellung von synthetischem Ammoniak nach Haber ist also bei teurer Energie am ehesten zu empfehlen. Jedoch ist zu bedenken, daß die Erneuerungskosten der Gefäße, in welchen sich bei Rotglut Stickstoff und Wasserstoff unter sehr hohem Druck (etwa 150 Atm.) vereinigen, vermutlich ziemlich hoch sein werden. Während des Krieges sind für alle drei Verfahren in Deutschland große Anlagen errichtet worden, um der Stickstoffnot abzuhelfen. Die Reichsstickstoffwerke wurden zeitig genug fertig, um im letzten Kriegsjahr gewaltige Mengen Kalkstickstoff zu liefern, von denen freilich nur ein verhältnismäßig geringer Teil der Landwirtschaft zum Düngen gegeben werden konnte, der größte Teil auf Salpetersäure weiter verarbeitet werden mußte.

Ozon. C. Harries[18]), welcher seinerzeit durch Behandlung mit Ozon den Kautschuk zu bekannten chemischen Verbindungen abgebaut und auf diese Weise seine Konstitution ermittelt hatte, beschäftigte sich während des

Krieges mit der wertvollen Aufgabe, aus minderwertigem Braunkohlenteeröl durch Ozonisieren Seifen zu gewinnen. Er gelangte tatsächlich zu gut schäumenden Seifen. In dem seit 1909 unbenutzt stehenden Ozonwasserwerk der Stadt Schierstein am Rhein wurde ein Versuchsbetrieb eingerichtet. Die Gestehungskosten waren aber so hoch, daß man trotz des Seifenmangels nicht wagte, eine große Anlage zu bauen.

[1]) J. Nußbaum, Z. Elchemie S 50. — [2]) J. Billiter, Z. Elchemie S 255. — [3]) S & H, DRP 307471. — [4]) Höchster Farbwerke, DRP 307524. — [5]) A. G. Betts, Met. Chem. Eng. 1917, S 627. — [6]) J. Nußbaum, Z. Ver. Österr. Ing. Bd 69, S 175, 191. — [7]) S & H, DRP 302040. — [8]) P. Goldberg, DRP 303165. — [9]) O. Neher & Co. u. P. Nydegger, DRP 306196. — [10]) Deutsche Gold- u. Silberscheideanstalt, EP 14292 v. J. 1918. — [11]) Henkel & Co., DRP 302735. — [12]) M. Dolch, Chemikerztg. S 376. — [13]) A. B. Nitrogenium, Chemikerztg. S 562, 873. — [14]) J. F. Bucher, Eng. Min. J. Bd 104, S 53. — [15]) O. Serpek, USP 1217842. — [16]) V. Lipinski, DRP 303073. — [17]) E. Kilburn Scott, Journ. Soc. Chem. Eng. Bd 34, S 113; Bd 36, S 771. — [18]) C. Harries, Chemikerztg. S 117.

C. Elektrisches Nachrichten- und Signalwesen.

X. Telegraphie.

Telegraphie auf Leitungen. Von Telegraphen-Ingenieur Artur Kunert, Emden. — Telegraphie ohne fortlaufende Leitung. Von Geh. Postrat Prof. Dr. Franz Breisig, Berlin.

Telegraphie auf Leitungen.

Von Telegrapheningenieur Artur Kunert.

Allgemeines. Unter der Einwirkung des Krieges zeigt sich überall das Bestreben, die Standdauer der Stangen zur Schonung der wertvollen Holzbestände zu erhöhen. Auch das Suchen nach Ersatzmitteln für nicht erhältliche oder selten gewordene Baustoffe usw. hält an. In Amerika werden Versuche mit Palau[1]), einer Legierung von Palladium und Gold, als Ersatzmittel für Platin angestellt. Für Kontakte soll sich auch eine Legierung von Palladium mit Silber gut eignen. — Angaben über wesentlich neue Apparate sind nicht veröffentlicht worden, dagegen ist man in allen Ländern bestrebt, die vorhandenen und bekannten Apparate und Einrichtungen, besonders auch die Schnelltelegraphen, vorteilhafter auszunutzen oder besser den Bedürfnissen anzupassen.

Theorie. J. L. Taylor[2]) berechnet, wie lang oberirdische Telegraphenleitungen höchstens sein dürfen, wenn sie bei allen praktisch vorkommenden Isolationszuständen noch einen geordneten Betrieb zulassen sollen. Er nimmt den niedrigsten Isolationswiderstand zu 110000 Ω/km an, vereinigt alle Isolationsfehler in der Mitte der Leitung und setzt für Doppelstrom-Morsebetrieb 8,5 mA und Wheatstone sowie Maschinentelegraphen 17 mA Betriebsstrom im Empfangsrelais von 200 Ω voraus. Dann ist die größte Leitungslänge z. B. für Morse-Doppelstrombetrieb $1850/\sqrt{r}$ km, für Schnelltelegraphen $1300/\sqrt{r}$ km bei ± 120 V Sendespannung, wobei r der reine Ohmsche Widerstand der Leitung ohne Berücksichtigung de Ableitung ist. Verfasser gibt eine große Zahl von Tafeln und Schaulinien für die verschiedensten englischen Betriebsverhältnisse, untersucht dabei auch den Einfluß nicht gleichmäßiger Verteilung der Isolationsfehler, die Wirkung der Endapparate und gibt an, wie sich die Formeln ändern, wenn man andere Annahmen zugrundelegt. — Morris und Chamney[3]) beschäftigen sich mit der Berücksichtigung der Isolationsmängel der sog. fehlerfreien Ader bei der Erdfehlerschleifenmessung nach Murray. Ist R der Widerstand der Kabelschleife, Q der Widerstand des mit der fehlerfreien Ader verbundenen, P der Widerstand des anderen Brückenarmes, M der Isolationswiderstand der fehlerfreien Ader, der im Abstande A Ω vom Meßamt vereinigt gedacht wird, N der Widerstand des Fehlers, so ist der Fehlerabstand

$$Y = \frac{QR}{P+Q} - \frac{M}{N}\left(\frac{R}{Q/P+1} - A\right) \text{Ohm}.$$

Die Verfasser geben Tafeln für $\frac{QR}{P+Q} - Y$ in Prozenten von $R/2$ und für die Größe der Meßfehler bei hohem Fehlerwiderstand N. — Die Abgleichung künst-

licher Leitungen für den Gegensprechbetrieb behandeln verschiedene Veröffentlichungen englischer Fachleute. Morice[4]) zeigt, daß man mit der auch in Deutschland üblichen Form der künstlichen Leitungen (sog. Treppenschaltung) die wirklichen Kabel niemals genau nachbilden kann. Er gibt Näherungsformeln für die Bemessung der einzelnen Kondensatoren und ihrer Vorschaltwiderstände und weist an der Hand ausgeführter Versuche nach, daß die Summe der Kondensatorkapazitäten gleich dem dritten Teil der Kabelkapazität sein soll. Auch Fraser[5]) leitet aus elementaren Überlegungen über die Entladungsmenge des Kabels Formeln für die Bemessung der Kondensatoren und Widerstände bei der dreistufigen Treppenschaltung für Differential- und Brückenschaltung ab, deren Wert jedoch recht zweifelhaft erscheint. Ist Rl der Widerstand und Kl die Kapazität der Einzel- oder Doppelleitung, so soll bei Differentialschaltung z. B. gewählt werden: erster Kondensator $= 0{,}131\ Kl$, zweiter $= 0{,}111\ Kl$, dritter $= 0{,}091\ Kl$; erster Widerstand $= 0{,}07\ Rl$, zweiter $= 0{,}21\ Rl$, dritter $= 0{,}35\ Rl$. F. Lamotte[6]) schlägt andere Werte der Kapazitäten und für den dritten Widerstand $0{,}954\ Rl$ vor. — M. G. Simpson[7]) behandelt eine abweichende Ausführungsart der künstlichen Leitung: der Ohmsche Widerstand Rl der Leitung und des fernen Empfangsamts R_r werden wie bei der Treppenschaltung durch einen Widerstand $R = Rl + R_r$ nachgebildet; parallel dazu liegen eine beliebige Anzahl von Nebenschlüssen, die aus Kondensatoren k mit vorgeschalteten Widerständen r bestehen. Die Größe von k und r ergibt sich aus

$$r = \frac{1 + A + A^2 x^2}{2\,(1 + A^2 x^2)}\,Rl \quad \text{und} \quad k = \frac{2\,(1 + A^2 x^2)}{x^2\,(1 + A + A^2 x^2)}\,Kl.$$

Hierin sind Rl wieder der Widerstand, Kl die Kapazität der Leitung, $A = R_r/Rl$; für x sind nacheinander die Wurzeln der transzendenten Gleichung $\operatorname{tg} x = A x$ einzusetzen. Ableitung und Induktivität der Leitung sowie der Einfluß der am sendenden Ende vor dem Kabel liegenden Apparate sind vernachlässigt.

Freileitungen. R. Nowotny[8]) untersucht auf Grund österreichischer statistischer Aufzeichnungen die Beziehungen zwischen der Lebensdauer und der abfallfreien Zeit bei Holzstangen. Die abfallfreie Zeit wird für unzubereitete Rotlärchen mit 2 Jahren, für die mit Fluoriden nach Malenkovic getränkten Stangen mit 3 Jahren, bei Fluoriden nach verschiedenen Verfahren i. M. zu 1 bis 2 Jahren, für mit Ballit (einem Gemisch von Natriumfluorid mit Dinitrophenolanilin) im Kessel behandelten Stangen mit 2 Jahren angegeben. Stangen, die mit Teerölen nach dem Sparverfahren behandelt sind, hatten eine abfallfreie Zeit von 7 Jahren. Bei unzubereiteten Fichten und Kiefern, bei der Zubereitung mit Kupfervitriol nach Boucherie und mit Zinkchloriden setzt der Abfall bereits im ersten Jahre ein. Die mittlere Lebensdauer betrug bei unzubereiteten Fichten und Kiefern 3 bis 5 Jahre, bei alpinen Rotlärchen 9,2 Jahre, bei mit Kupfervitriol nach Boucherie getränkten Stangen rd. 12 Jahre, bei Zubereitung mit Zinkchloriden etwa 10 Jahre, mit Kreosotölen über 20 Jahre. Bei den mit Fluoriden und Teerölen behandelten Stangen ist die Beobachtungszeit zu kurz gewesen, um die mittlere Lebensdauer erkennen zu können, jedoch betrug der gesamte Abgang der mit Teerölen nach dem Sparverfahren behandelten Stangen nach 10 Jahren erst 1% der eingestellten Stangenmenge. — F. Moll[9]) weist darauf hin, daß nach dem Kriege die möglichst lange Erhaltung der Stangen wegen der Steigerung der Holzpreise eine größere Rolle spielen wird als bisher. Teeröl wird immer mehr als Treiböl für Verbrennungsmotoren in Anspruch genommen werden; infolge seines hohen Preises wird es nur noch da gebraucht werden, wo Salze nicht benutzt werden können, also für alle Wasserbauten. Die Verwendung von Sublimat wird stark zunehmen, sie hängt von der Leistungsfähigkeit der Quecksilbergruben in Idria und der Nutzbarmachung der Gruben im Ural ab. Am aussichtsreichsten erscheinen die Verfahren, die mit Natriumfluorid und mit Woltmanschen Salzgemischen arbeiten, da die zur Herstellung benötigte Schwefelsäure wieder verfügbar sein wird. — Auch R. Nowotny[10])

vertritt in einer allgemeinen Erörterung über die Lage der Imprägnierungstechnik entschieden den Standpunkt, daß an der holzsparenden Tränkung der Stangen trotz aller entgegenstehenden Schwierigkeiten und trotz der erheblich gesteigerten Kosten unbedingt festzuhalten ist. Auch weniger wirksame Verfahren müssen zur Aushilfe herangezogen werden. — In Frankreich[11]) prüft die Telegraphenverwaltung die in anderen Ländern üblichen Verfahren der Imprägnierung mit Teerölen und die Teerung der Fußenden der mit anderen Mitteln getränkten Stangen. — H. W. Meyer[12]) veröffentlicht die Ergebnisse einer Untersuchung von 20000 Zedernstangen eines Starkstromnetzes in Minneapolis und beschreibt verschiedene Tränkungsverfahren, insbesondere mit Teerölen in Kesseln oder durch Anstrich. — Nather[13]) prüft die Gestängebelastung von Schwachstromlinien bei Eislast und Winddruck unter Berücksichtigung der österreichischen Vorschriften über den Drahtdurchhang usw. und kommt u. a. zu folgenden Schlüssen: Die Summe aller Drahtfestigkeiten wirkt nur in gewissen Fällen auf den Mast ein, das Eigengewicht kann bei der Berechnung auf Eis- und Windbelastung vernachlässigt werden, für den Winddruck auf die Drähte ist 15% des größtmöglichsten Drahtzugs anzunehmen. Die österreichischen Vorschriften schließen in den gewöhnlichen Fällen eine Gestängeüberlastung bei gerader Strecke eben noch aus. — Die bei Bronze- und Hartkupferdrähten übliche Hülsenverbindung bietet gegenüber den Wickellötstellen so beträchtliche Vorteile, daß Hülsenverbindungen mehr und mehr auch für Eisenleitungen angewendet wurden. Der starke Kupfermangel zwang zur Benutzung von eisernen Hülsen[14]). Diese hat man nun aus 0,9 mm starkem Eisenblech hergestellt, indem man das Blech mit fest zusammenstoßenden Rändern zusammenbiegt und die Ränder der Länge nach mit autogener Nahtschweißung vereinigt. Diese Hülsen halten das Verwürgen aus, und ihre Festigkeit ist befriedigend. Als Rostschutz wird eine vorwiegend Blei enthaltende Legierung aufgebracht. Die Hülsen werden in vier Weiten für 5, 4, 3 und 2 mm Draht in den Längen von 250, 200, 150 und 100 mm hergestellt. In den ersten vier Monaten nach der Erfindung wurden 1,1 Million davon bestellt. — In Österreich ist nach R. Nowotny[15]) zur Verbindung von 3 und 4 mm starken verzinkten, unverrosteten Eisendrähten die Verwendung von Aluminiumhülsen versuchsweise in Aussicht genommen. Die Hülsen werden von den Metallwerken G. Chaudoir in Wien hergestellt. Bei Zerreißproben der fertigen Verbindungen riß stets der Eisendraht, und zwar in einem Abstande von 20 bis 35 cm von der Hülse entfernt, während bei Kupferhülsen der Draht im allgemeinen dicht beim Eintritt in die Hülse reißt. Bei längerem Liegen in salzsäure- und essigsäurehaltiger Luft wurden die Außenfläche der Hülsen und die Drähte heftig angegriffen, die Zerstörung drang aber nur in den Anfangsteil der Hülse ein. Die geöffneten Hülsen zeigten innen blanke Wände und Drahtoberflächen. — Die Preußische Staatseisenbahn verwendet nach Koßmann[16]) neuerdings vielfach statt der eisernen Endisolatoren für Einführungen und Kabelüberführungen solche aus Porzellan, die eine bessere Isolation gewährleisten. — F. W. Best[17]) gibt eine bemerkenswerte Übersicht über die umfangreichen Beschädigungen der englischen Telegraphenlinien durch die Schneestürme im März 1916. Empfohlen werden die ausgedehntere Verwendung von A-Masten statt Streben und von Streben in Richtung der Linie sowie Beschränkung der Stangenabstände auf 50 m; Doppelgestänge haben sich bei dem Sturm wenig bewährt.

Apparate. In österreichischen Zeitschriften wird über Vorschläge von K. Hansel[18]) berichtet, den Hughesapparat dem Mehrfachbetrieb anzupassen. Zwischen Wien und Budapest ist ein Doppel-Gegensprechbetrieb in der Weise versucht worden, daß ein Geber positive, der andere negative Ströme entsendet. Beide Geber sind zwangläufig gekuppelt und ihre Schlitten um $^1/_{56}$ oder $(2n+1)/56$ des Drehungskreises gegeneinander verstellt. Ein mit der Schwungradachse gekuppelter Verteiler sorgt dafür, daß die Leitung nacheinander mit den beiden Gebern verbunden wird, so daß die Sendeströme, deren Dauer $^1/_{56}$ der Schlitten-

umdrehung nicht übersteigt, in der Leitung nicht zusammentreffen. Als Empfänger dienen zwei polarisierte Relais, deren eins auf +-, das andere auf —Ströme anspricht. Für den Empfang wird kein Verteiler gebraucht. Nach einem anderen Vorschlag, ebenfalls für Doppelgegensprechen, senden die beiden Geber entweder in Zeitabständen von $^1/_{28}$ einer Schlittenumdrehung oder gleichzeitig. Im ersteren Falle werden von dem einen Geber Ströme positiver Richtung, vom anderen negative Ströme in die Leitung entsandt; im anderen Falle gelangen mit kurzem Zeitabstand zwei Stromstöße gleicher Richtung in die Leitung und zum Empfangsamt. Hierbei sind Verteiler für das Senden und den Empfang erforderlich. Ein dritter Vorschlag beruht auf dem Grundsatz der wechselzeitigen Mehrfachtelegraphie und erfordert vollkommenen Gleichlauf der Verteiler beider Ämter. Die Aufrechterhaltung des Gleichlaufs während einer Umdrehung bewirkt der Bremsregler, der Ausgleich auftretender Abweichungen erfolgt im letzten Teil jeder Umdrehung. Die Hughesapparate sind für dieses Verfahren in mehrfacher Hinsicht abgeändert worden. Die Linienströme haben nur eine Dauer von etwa $^1/_{300}$ Sekunde. — Balsera[19]) hat in London einen verbesserten Hughesapparat vorgeführt. Für den Empfang wird ein Übersetzer verwendet, für die Aufrechterhaltung des Gleichlaufs werden Korrektionsströme benutzt. Die Höchstleistung soll 14 Buchstaben für die Umdrehung, die tatsächliche Leistung 40 bis 45 Wörter in der Minute betragen. — In Frankreich[20]) werden Versuche angestellt, die Ausnutzung des Baudotapparats dadurch zu steigern, daß auf den einzelnen Sektoren mit Schnelltelegraphen gesandt wird. Hierfür werden die Apparate von Carpentier und Murray verwendet; bei letzterem sind die Lochgruppen für die einzelnen Buchstaben den Zeichen des Baudotapparats angepaßt worden. — Kruckow[21]) beschreibt eine Streifenwickelvorrichtung für Schnelltelegraphen, die den Papierstreifen nach dem Lochen sendebereit aufwickelt, so daß er, ohne umgewickelt zu werden, mit dem Anfang in den Sender eingeführt werden kann. — Nach G. Baumgartner[22]) läßt sich eine Arbeitsstromübertragung für Einfachbetrieb ohne polarisierte Relais mit sechs neutralen Relais betriebssicher einrichten. Das auf den ankommenden Strom ansprechende Linienrelais mit mehreren zwangläufigen Kontakten betätigt ein Ortsrelais, das zunächst das zweite Linienrelais kurzschließt und dann Strom in die weitergehende Leitung sendet; der Kurzschluß wird nach der Unterbrechung des Linienstroms aufgehoben. Dadurch wird die Entladung der Leitung beschleunigt und der Rückstrom von dem Linienrelais der weitergehenden Leitung abgehalten. Die Einrichtung hat sich auf einer 700 km langen oberirdischen Leitung bewährt. — J. Zelisko[23]) hält die Entladungsströme dadurch von dem Linienrelais ab, daß der Anker des sendenden Relais kurz vor der Stromgebung und ebenso unmittelbar nach dem Verlassen des Batteriekontakts vorübergehend über eine besondere Feder geerdet wird. Die Erdung wird vor dem Erreichen des anderen Relaiskontakts wieder aufgehoben. Durch geeignete Bemessung der Erdungsdauer soll gleichzeitig die Form der Stromkurven verbessert werden. — J. Pomey[24]) bespricht das Relais von Orling, das hauptsächlich für den Betrieb langer Seekabel bestimmt ist. An einer im Felde eines Elektromagnets drehbaren Spule ist ein langer dünner Draht befestigt, dessen Ende einen ununterbrochenen Flüssigkeitsstrahl berührt. Bei der Drehung der Spule wird der Strahl aus seiner senkrechten Lage abgelenkt und zeichnet, wenn er gefärbt ist, wie bei einem Empfangsapparat auf dem Papierstreifen eine Kurve ähnlich dem Heberschreiber. Läßt man den Strahl die Widerstandsverhältnisse der Arme einer Wheatstoneschen Brückenanordnung ändern, so erhält man ein Relais. — E. Lack[25]) beschreibt das englische Standardrelais *G*, das eine Anpassung an die Aufgaben, für die das bekannte Gulstadrelais bestimmt ist, darstellt.

Betrieb. O. Schmidt-Tehes[26]) regt eine Entlastung des Telegraphenbetriebs durch Einführung einer telegraphischen Kurzschrift, ähnlich den Telegrammen in verabredeter und geheimer Sprache, an. Alle häufiger vorkommenden Mitteilungen werden durch Ziffern bezeichnet. Der Inhalt dieser Kurz-

telegramme wird vom Bestimmungsamte in die gewöhnliche Sprache übersetzt. — J. Rymer-Jones[27]) wiederholt aus einer Veröffentlichung von 1911 die Grundsätze seines Vorschlags über eine einheitliche Angabe der Telegraphiergeschwindigkeit in Unterseekabeln. Für die nötigen Rechnungen wird ein übersichtliches Formular mitgeteilt. — Kunat[28]) beschreibt sehr eingehend den Übertragungsdienst in den mit Siemensschen Schnelltelegraphen in Doppelstrom-Gegensprechschaltung betriebenen Leitungen. — Die italienische Telegraphenverwaltung hat nach Mercy[29]) auf dem 350 km langen Seekabel Neapel—Palermo Vierfach-Baudotbetrieb eingerichtet; in jeder Richtung werden zwei Sektoren in der gewöhnlichen Weise benutzt. Zur Verbesserung der Stromkurve werden Kondensatoren mit parallelgeschalteten Widerständen (Maxwellerden) und Nebenschlüsse mit Induktivität an beiden Enden des Kabels benutzt. Unmittelbar nach dem Senden wird das Kabel vorübergehend geerdet. — Aus einem Streit über die erste Anwendung des Gegensprechverfahrens beim Baudot zwischen Booth und Montoriol ergibt sich, daß in England im März 1917 3 Doppel-, 1 Dreifach-, 10 Vierfach-, 2 Fünffach- und 4 Sechsfach-Baudots in Gegensprechschaltung betrieben wurden[30]). — Nach einem Vorschlag von Clavié sind in Frankreich auf Kabeln Versuche mit einer der Gottschen (JB 1912, S 158 und 1915, S 156) ähnlichen Betriebsweise angestellt worden: die Stromrichtung wird bei jedem Zeichen umgekehrt, jedem positiven Zeichenstrom geht ein negativer Stromstoß, der zu kurz ist, um den Empfangsapparat zu betätigen, voraus und umgekehrt. Nachdem die Versuche bei Morsebetrieb günstige Ergebnisse geliefert haben, sollen sie auf Hughesbetrieb ausgedehnt werden[31]). — In Frankreich hat der durch den Krieg veranlaßte Mangel an Betriebsstoffen für Primärelemente dazu geführt, die Verwendbarkeit der Beleuchtungsnetze für die Stromlieferung an Telegraphenanstalten zu untersuchen[32]). — Im Anschluß daran werden zwei Betriebsweisen erörtert[33]), bei denen in Leitungen mit mehreren Anstalten die Batterien der Zwischenämter durch eine bei einem Endamt aufzustellende Zentralbatterie ersetzt werden. — R. L. Milburn[34]) beschreibt eine Differential-Gegensprechschaltung mit Sendebatterien nur auf einem Amte, die zwischen Rangoon und Mandalay auf einer rd. 700 km langen Leitung im Betrieb ist. Eine vollständige künstliche Leitung ist nur bei dem Batterieamt *A* erforderlich, während beim anderen Amt *B* die zweite Relaiswickelung über einen Widerstand geerdet wird. *A* schickt bei der Ruhelage seiner Taste über ein Relais in den Scheitel negativen Trennstrom, durch den der Relaisanker in *B* am Ruhekontakt festgehalten wird. Am Scheitel in *B* liegt eine Taste, durch welche die zweite Relaiswicklung mit dem Widerstand kurzgeschlossen wird, wenn *B* sendet; dadurch wird der Strom in einer Wicklung des Relais in *A* verstärkt und letzteres spricht an. *A* schickt beim Zeichengeben positiven Strom, der das Relais in *B* zum Ansprechen bringt; gleichzeitig werden in *A* durch zwei mit dem Senderelais in Reihe liegende Relais die Verbindungen der Wicklungen des Differentialrelais mit der Leitung und der künstlichen Leitung vertauscht, so daß *A* auch während der Zeichensendung empfangsbereit bleibt. Die drei Relais im Sendekreise können auch durch eine Taste mit 9 Kontakten ersetzt werden. — Eine ähnliche, etwas einfachere Schaltung hat C. Lawton[35]) in Indien auf 200 bis 300 km langen Eisenleitungen mit Erfolg angewendet. Amt *A* hat Gegensprechschaltung mit nicht polarisiertem Differentialrelais und eine Stromumkehrungstaste, Amt *B* ein polarisiertes Relais, das einerseits mit der Leitung, anderseits über einen Kondensator von 2 μF mit der Erde verbunden ist; der Kondensator wird bei Tastendruck kurzgeschlossen. Amt *A* gleicht bei Tastendruck in *B* ab. Sind beide Tasten in Ruhe, so wird Relais *A* durch den Strom in einer Wicklung am isolierten Arbeitskontakt festgehalten, Relais *B* spricht auf diesen Trennstrom nicht an. Drückt *A* Taste, so erhält *B* Zeichenstrom über den Kondensator oder die gedrückte Taste. Bei Tastendruck in *B* werden beide Wicklungen des Relais in *A* von Trenn- oder Zeichenstrom, je nach der Tastenstellung in *A* durchflossen, sein Anker legt sich gegen den Ruhekontakt, an dem der Emp-

fangsapparat im Ortsstromkreis liegt. — Der in Frankreich zur Untersuchung und Förderung des Post- und Telegraphenwesens eingesetzte Ausschuß (JB 1917, S 128) hat sich auf dem Gebiete des Telegraphenbetriebs u. a. mit folgenden Fragen beschäftigt: Verwendung von Schreibmaschinengebern und eines Tastensenders von Grunenwald für Baudotapparate[36]), bei dem die Tasten im Halbkreise entsprechend der natürlichen Länge der Finger angeordnet sind; Herabsetzung der Stromstärken beim Vielfachtelegraphen von Mercadier zur Verringerung der Beeinflussung von Nachbarleitungen und zum Ausgleich Anwendung von Kathodenempfängern; Einrichtung der Übertragungsämter; gleichzeitige Telegraphie mit Gleich- und Wechselstrom[37]). Er hat ferner eine Anweisung über den Schutz der Staatstelegraphen- und Fernsprecheinrichtungen gegen die Einwirkungen der Starkstromanlagen und eine Anweisung über die Benutzung von Fernsprechleitungen zum Telegraphieren herausgegeben[38]).

Verwaltung. Giesecke[39]) veröffentlicht die in Aussicht gestellte (JB 1917, S 127) ausführliche Beschreibung der technischen Einrichtungen des neuen Haupttelegraphenamts in Berlin. — Venus[40]) beschäftigt sich mit der Ermittelung des Beamtenbedarfs für den Telegraphen-Apparatdienst nach neueren wissenschaftlichen Grundsätzen. — Durch Gesetz vom 26. Juli 1918 ist in Deutschland der als besondere Reichsabgabe (JB 1916, S 139) zu erhebende Zuschlag bei Telegrammen von 2 auf 3 Pf für jedes Wort (mindestens 15 Pf) erhöht worden[41]). Die Änderung ist am 1. Oktober 1918 in Kraft getreten. — In Österreich wird seit dem 1. September 1918 für jedes gebührenpflichtige Telegramm ein Zuschlag von 20 Hellern erhoben[42]). — R. W. Weightman[43]) berichtet ausführlich über das Telegraphenwesen (Leitungsbau, Apparate, Stromquellen und Betrieb) in den englischen Kolonien, besonders in Australien, Kanada, Neuseeland und Südafrika. — Außer einer vergleichenden statistischen Übersicht über das Telegraphenwesen der Welt[44]) sind zahlreiche Berichte über einzelne Länder erschienen, die sämtlich, soweit nicht nachstehend andere Zeiträume angegeben sind, das Kalender- oder Rechnungsjahr 1916 betreffen, so über Bolivien[45]), Britisch-Indien (auch für 1915)[46]), Bulgarien[47]), Dänemark[48]), Goldküste für 1917[49]), Island (auch für 1917)[50]), Niederlande[51]), Norwegen (auch für 1915)[52]), Österreich für 1914 und 1915[53]), Schweden[54]), Schweiz für 1917[55]), Spanien für 1915[56]), Ukraine [57]) und Ungarn für 1914[58]).

[1]) ETZ S 430. — [2]) J. L. Taylor, P. O. El. Eng. J. Bd 10, S 78; Bd 11, S 19, 74. — [3]) A. Morris u. R. M. Chamney, P. O. El. Eng. J. Bd 11, S 39. — [4]) A. B. Morice, P. O. El. Eng. J. Bd 9, S 253. — [5]) Jas. Fraser, P. O. El. Eng. J. Bd 10, S 133. — [6]) F. Lamotte, P. O. El. Eng. J. Bd 9, S 245; Bd 10, S 55. — [7]) M. G. Simpson, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 719. — [8]) R. Nowotny, El. Masch.-Bau S 13. — [9]) F. Moll, Helios Fachz. S 316. — Z. angew. Chem. S 224. — [10]) R. Nowotny, Helios Fachz. S 1. — [11]) Ann. P. T. T. 1917, S 261. — [12]) H. W. Meyer, El. World Bd 70, S 610. — [13]) E. Nather, El. Masch.-Bau S 485. — [14]) ETZ S 369. — El. Anz. S 232. — Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 35. — [15]) R. Nowotny, El. Masch.-Bau S 95. — [16]) Koßmann, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 6, S 177. — [17]) F. W. Best, P. O. El. Eng. J. Bd 9, S 217. — [18]) K. Hansel, El. Masch.-Bau S 525. — Z. Post Telegr. (Wien) S 98, 113, 125. — [19]) Balsera, J. Télégr. S 159. — [20]) Ann. P. T. T. 1917, S 266. — [21]) Kruckow, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 41. — [22]) G. Baumgartner, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 26. — [23]) J. Zelisko, El. Masch.-Bau S 165. — [24]) J. Pomey, Rev. Gén. El. Bd 4, S 899. — [25]) E. Lack, P. O. El. Eng. J. Bd 10, S 34. — [26]) O. Schmidt-Tehes, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 3. — [27]) J. Rymer-Jones, El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 556. — [28]) Kunat, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 9, 18, 26. — [29]) Mercy, Ann. P. T. T. S 197. — [30]) Ann. P. T. T. 1917, S 244. — [31]) Ann. P. T. T. S 365. — [32]) Ann. P. T. T. S 339. — Rev. Gén. El. Bd 4, S 85. — [33]) Ann. P. T. T. S 356. — [34]) R. L. Milburn, El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 461. — [35]) C. Lawton, P. O. El. Eng. J. Bd 11, S 171. — [36]) Ann. P. T. T. 1917, S 266, 267. — [37]) Ann. P. T. T. S 359, 360. — [38]) Ann. P. T. T. S 208, 209. — [39]) Giesecke, Arch. Post Telegr. S 297, 337, 381. — [40]) Venus, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 67, 75, 83. — [41]) Amtsbl. d. R. P. A. S 180. — [42]) H. v. Hellrigl, El. Masch.-Bau Anz. S 173. — [43]) R. W. Weightman, P. O. El. Eng. J. Bd 10, S 37. — J. Télégr. S 81, 97, 113,

129, 161, 177. — [44]) J. Télégr. S 68, 119. — [45]) J. Télégr. S 56. — [46]) J. Télégr. S 10, 53. — [47]) Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 6. — [48]) Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 6. — J. Télégr. S 51. — [49]) J. Télégr. S 187. — [50]) J. Télégr. S 91, 157. — [51]) Arch. Post Telegr. S 274. — [52]) J. Télégr. S 8, 185. — [53]) H. v. Hellrigl, El. Masch.-Bau Anz. Heft 5, S 17. — [54]) Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 6. — J. Télégr. S 138. — Arch. Post Telegr. S 98. — [55]) Arch. Post Telegr. S 444. — [56]) J. Télégr. S 54. — [57]) Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 62. — [58]) J. Télégr. S 107.

Telegraphie ohne fortlaufende Leitung.

Von Geh. Postrat Dr. F. Breisig.

Aussendung und Ausbreitung der Wellen. Sommerfeld[1]) gibt einen Bericht über den Stand der Frage, warum die elektrischen Wellen die Erdkrümmung überwinden. Als beste theoretische Arbeit, welche die Aufgabe rein auf Grund der elektromagnetischen Gesetze verfolgt, gilt die von Rybczynski. Sie liefert die Amplitude des Potentials des elektromagnetischen Feldes an der Empfangsstelle, wenn a der Erdradius, r der auf dem größten Kreis gemessene Abstand zwischen Sender und Empfänger, $\Theta = r/a$, λ die Wellenlänge und $\varrho = 2\,\pi\; a/\lambda$, in der Form $(\Theta \sin \Theta)^{1/2}\, e^{-0{,}33\,\Theta/\sqrt[3]{\varrho}}$. Aus Meßergebnissen über a bis zu 2000 km hat Austin die Formel entnommen, daß das Potential gleich $\frac{C}{r}\, e^{-0{,}0015\, r/\sqrt{\lambda}}$ sei; nach den Grundlagen dieser Formel umgeschrieben, lautet die theoretische Formel $\frac{C'}{r}\, e^{-0{,}0017\, r/\sqrt[3]{\lambda}}$. Die Formeln gehen bei größeren Wellenlängen stark auseinander. Indessen zeigt der Vergleich mit den Messungen Austins, daß die theoretische Formel sich fast besser anschließt als die empirische. Der Exponentialfaktor bleibt auch bei Annahme vollkommener Leitfähigkeit der Erdkugel. Mit Bezug auf das Thema geht aus dem vorhandenen Material hervor, daß die Meinung, die tatsächlichen Reichweiten bei Tage seien mit der reinen elektromagnetischen Theorie nicht verträglich, nicht aufrechtzuerhalten ist. Für die Erklärung der Reichweiten bei Nacht dürften die Erklärungen durch Mithilfe reflektierender Luftschichten heranzuziehen sein. — Fleming[2]) erörtert als Ursachen der Ionisation der Atmosphäre neben der Wirkung ultravioletter Strahlen bei Tage die dauernde Aussendung negativer Ionen von der Sonne aus, die sich an Kohlenstoffkernen angliedern, welche man in der aus Kohlenstoff bestehenden Photosphäre der Sonne annehmen kann, und die durch den Lichtdruck auf die Erde zugetrieben werden. Wegen ihrer geringen Größe und der dauernden negativen Ladung der Erde sinken sie in die Erdatmosphäre nur langsam ein, und daher können sie eine Ursache für eine dauernde negative Schicht in den höchsten Schichten der Atmosphäre bilden. — Bouthillon[3]) führt die bekannte Formel von Austin-Cohen für den Empfangsstrom in der Antenne einer gegebenen Anlage auf eine Form zurück, in der alle Maße einem einheitlichen System angehören. Er leitet dann daraus, neben anderen Aufgaben, die Formel für die günstigste Wellenlänge ab, in km ist $\lambda = 56{,}25 \cdot 10^{-8}\, r^2$, ermittelt den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Wirkungsgrad und beschreibt zum Schluß ein Schaulinienblatt zur Lösung der vorkommenden Aufgaben. — Marchant[4]) geht von Beobachtungen von Fuller aus, die zwischen Honolulu und San Francisco bei Veränderung der Wellenlänge Wechsel zwischen Höchst- und Mindestwerten der Signalstärke ergaben, bei 5, 7, 10 km Wellenlänge Mindest-, bei 6 und 8 km Höchstwerte und stellt die Theorie auf, daß die Wellen nicht an einer einigermaßen gleichmäßigen, der Erde parallelen Schicht, sondern an verschiedenen Stellen einer abgegrenzten Wolkenschicht reflektiert werden,

nachdem sie vorher infolge Brechung der Krümmung der Erde gefolgt sind. — De Groot[5]) berichtet über umfangreiche Versuche in Niederländisch Indien, aus denen er schließt, daß der Raumstrahl tagsüber die Fähigkeit besitzt, sich zu krümmen. Nachts besitzt er diese Fähigkeit nicht in merklichem Maße, so daß in diesem Fall die Übertragung nur durch Mitwirkung der Reflexion an atmosphärischen Schichten möglich ist. — Als Material seien hier die mathematische Untersuchung von Macdonald[6]) über das Fortschreiten elektrischer Wellen um die Erdoberfläche und die zusammenfassende Darstellung von Ludewig[7]) über den Einfluß geophysikalischer und meteorologischer Faktoren auf die drahtlose Telegraphie erwähnt.

Erzeugung der Wellen. Bouthillon[8]) erörtert zunächst die Bedingungen für das Zustandekommen von Schwingungszügen gleicher Stärke und in regelmäßigen Abständen, wenn ein durch Gleichspannung geladener Kondensator sich durch eine Entladestrecke mit ruhenden oder bewegten Elektroden entlädt. Dann beschreibt er das von ihm entwickelte System, in dieser Art tönende Schwingungen mit guter Lautwirkung und großer Stärke (bis 100 kW) zu erzeugen. Es verwendet Hochspannungsmaschinen und umlaufende Funkenstrecken; die Zeichen werden durch Unterbrechung des Gleichstromkreises gebildet. In einem Vergleich mit Hochfrequenzmaschinensystemen wird hervorgehoben, daß das Gleichstromsystem unabhängig von der Umdrehungszahl des Stromerzeugers, auch wenig abhängig von derjenigen der Funkenstrecke ist. Der erzeugte Ton ist reiner. — Pomey[9]) untersucht die Schwingungsverhältnisse, insbesondere die Stabilität der Periode der Wellenzüge mathematisch. — In dem Sender von Fessenden[10]) steht der Kondensator des Erregerkreises mit einer Hochspannungsgleichstromquelle über einen Widerstand in Verbindung. Im Schließungsbogen des Erregerkreises liegt eine Funkenstrecke, bestehend aus einer festen Elektrode und einer Scheibe, die mit großer Geschwindigkeit gedreht wird, und deren Umfang die feste Elektrode in geringem Abstand gegenübersteht. Die Relativgeschwindigkeit der beiden Teile ist etwa 330 m/s. Infolge der großen Geschwindigkeit wird Lichtbogenbildung bei den Entladungen vermieden, und es entstehen ungedämpfte Schwingungen großer Stärke.

Eine Untersuchung von Appleton[11]) über die Erzeugung andauernder Schwingungen mit Hilfe von Elektronenröhren mit Gitterelektrode bei Rückkopplung mit einem Schwingungskreis führt zu dem Ergebnis, daß die Gegeninduktivität zwischen dem Schwingungskreis und dem Gitterkreis negativ sein müsse. Dies wird mit Analogien beim Poulsenbogen und dem Dynatron verglichen; indessen fehlt ein Hinweis, ob man bei Spulen eine negative Gegeninduktivität durch konstruktive Elemente oder durch Schaltung erreichen soll. — Bethenod[12]) gibt eine Theorie der Löschfunkenschwingungen unter Annahme eines vereinfachten Gesetzes für den Verlauf des Funkens; ein Aufsatz von Barton und Browning[13]) betrifft die Theorie der Schwingungen gekoppelter Systeme; neben der mathematischen Darstellung dient zur Erläuterung die Untersuchung der Schwingungen gekoppelter Pendel mittels des Oszillographen.

Ausbreitungsgeschwindigkeit. Demmler[14]) verglich die Wellenlängen der Grund- und Oberschwingungen an Drähten, die 1,5 m oberhalb der Erdoberfläche geführt wurden, wenn sie einmal als Hin- und Rückleitung, also unter Ausschluß der Erde, schwangen, das andere Mal, wenn sie in gleicher Phase, also mit Rückschluß durch die Erde erregt wurden. Im ersten Fall war die Ausbreitungsgeschwindigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit, im anderen Falle war sie merklich kleiner ($^9/_{10}$ bis $^4/_5$), wobei besonders Sandboden eine große Verminderung herbeiführte.

Wirksamer Widerstand des Strahlers. Es ist beobachtet worden, daß der wirksame Widerstand eines Strahlers von der Wellenlänge in der Weise abhängt, daß er, wenn man von der Eigenwelle zu größeren übergeht, bis zu einem Mindest-

wert sinkt und dann wieder ansteigt. Für das Sinken findet sich eine Erklärung in der Verminderung der ausgestrahlten Leistung; die Ursache des Wiederansteigens vermutete man in dielektrischen Verlusten im Erdboden, indessen trifft dies nicht zu. Miller[15]) hat durch Versuche gezeigt, daß die Verluste, die zu dem Ansteigen der Kurve führen, in den wenn auch geringen Mengen schlechter Dielektrika liegen, die in der Umgebung des Leiters sind. Eine deutliche Zunahme zeigte sich z. B., wenn an einen frei von Bäumen und Gebäuden, aber in der Nähe der Erde gespannten Strahler Zweigdrähte gelegt wurden, die um Porzellanrollen geschlungen waren, welche auf Holzpfählen saßen. Es ergibt sich aus den Versuchen, daß man den Strahler möglichst frei, abseits von Gebäuden und Bäumen, durch die Luft führen und unvollkommene Dielektrika namentlich an Stellen hoher Feldstärke vermeiden soll.

Leitfähigkeit des Seewassers. Van der Pol[16]) hat die Leitfähigkeit von Seewasser für die in der drahtlosen Telegraphie gebräuchlichen Frequenzen durch eine Austauschmessung bestimmt und gefunden, daß sie mit der für konstante Stromstärke geltenden übereinstimmt. Er gibt mit Rücksicht auf die verschiedene Zusammensetzung und den Einfluß der Temperatur als Rechengrundlage eine Zahl $\sigma = 1$ bis $5 \cdot 10^{-11}$ elektromagnetischer Einheiten als zweckmäßig an.

Antennen. Zehnder zeigt[17]) und hat durch Versuche bestätigt, daß wagrechte Antennen auf die Hälfte ihrer Länge, und zwar über Erde auf $^1/_{10}$ der Wellenlänge in Luft verkürzt werden können, wenn man am Ende einen Kondensator in Form eines Drahtfächers oder einer von der Erde durch ein Dielektrikum getrennten Metallfläche anschließt, dessen Kapazität diejenige der übrigen Antennenteile übertrifft. — Zur Nachbildung der Vorgänge in Antennen, aber mit langsam veränderlichen Wechselströmen hat Morecroft[18]) eine künstliche Leitung aus 9 Abteilungen gebaut, deren jede eine eisenlose Spule mit 0,0415 H und 0,702 Ω und veränderliche Kapazitäten zwischen 2 und 36 μF besaß. Man konnte unter diesen Umständen gewöhnliche Strom- und Spannungsmesser gebrauchen. In Schaulinien sind dargestellt die Spannungen stehender Wellen, nach den Aufnahmen zwischen je zwei Abteilungen; die Spannungs- und Stromverteilung auf einer Antenne mit Verlängerungsspule und mit Verkürzungskondensator, Verteilung auf einer Antenne mit Kapazitätsanhäufung am freien Ende.

Von theoretischen Arbeiten sind noch zu erwähnen der Aufsatz von Chireix[19]), welcher die Schwingungsgleichungen für zusammengesetzte Antennen und solche mit veränderlichen Werten von $\sqrt{L/C}$ betrifft, sowie die Berechnung der Kapazität einer wagerechten Gitterantenne von Pomey[20]).

Das Audion. Austin hat Audionen mit einer Füllung von Stickstoff bei höheren Drucken untersucht[21]). Bei allen Drucken bis zum Atmosphärendruck hatten sie Detektorwirkung; diese war bei 3 mm Druck völlig normal. Auch als Schwingungserzeuger sind sie bei 3 mm und weniger brauchbar, bei 10 mm werden sie schwierig und bei Atmosphärendruck sind sie unbrauchbar. — Bown[22]) bespricht die Theorie des Audions unter Zugrundelegung der Kurven für die Abhängigkeit des Anodenstroms von der Gitterspannung. Er weist zur Erklärung der Wirkungsweise besonders auf den Unterschied der Gas enthaltenden Audionen gegen die gasfreien Langmuirschen Rohre hin. Durch die Gasionen wird nach seinen Ausführungen die Raumladung vermindert. — Als Dynatron bezeichnet Hull[23]) ein Entladungsgefäß hoher Luftleere mit Glühkathode, das außer der Kathode eine durchlöcherte Anode und hinter dieser eine Plattenanode besitzt. Die Spannung zwischen Kathode und Platte wird so groß gemacht, daß die durch das Gitter fliegenden Elektronen die Platte mit solcher Geschwindigkeit treffen, daß sie sekundäre Elektronen an der Platte, die gegen das Gitter negativ ist, auslösen. Diese werden auf die Anode gezogen. Die Charakteristik zeigt in einem Teil des Spannungsgebiets fallende Stromstärke bei steigender Spannung. Dies wird ausgenutzt, um das Gerät

als „negativen Widerstand“ zu verwenden, also um eine Stromstärke zu vergrößern, Dämpfungen beliebig zu vermindern. Durch Zufügung von elektrischen Feldern mittels zusätzlicher Gitter entsteht das Pliodynatron, das als kräftiger Verstärker und Schwingungserzeuger gebraucht werden kann. — Außerdem seien noch folgende Arbeiten über das Audion angezeigt: Quantitative Versuche von Austin[24]), aus denen sich ergibt, daß seine Angaben als Gleichrichter dem Quadrat der Stromstärke, als Schwingungserzeuger der Stromstärke selbst proportional sind; eine mathematische Untersuchung von Bethenod[25]) über die Verwendung des Audions als selbsterregenden Schwingungserzeuger; zusammenfassende Arbeiten von Vallauri[26]) und von Armstrong[27]) über seine Anwendung und Wirkungsweise. Moorhead[28]) gibt Einzelheiten über die Fabrikation von Kathodenröhren, die verwendeten Materialien und Verfahren an.

Empfang. Reichweiten. Über die Stärke der von Nauen und Eilvese herrührenden Signale in Washington, ihre Änderungen während längerer Zeit und die Anpassung der Ergebnisse an die Formeln über Fortpflanzung berichtet Austin[29]); diese Zeichen wurden bei Nacht auch in mehreren Stationen Neu-Seelands auf etwa 19000 km gehört[30]). — Van der Pol[31]) hat über das Verhältnis des Hörbarkeitsfaktors, nämlich des Bruchs $(t+s)/s$, wo t der Widerstand des Telephons, s der des Nebenschlusses dazu ist, zur Antennenstromstärke Messungen angestellt, aus denen sich ergibt, daß der Hörbarkeitsfaktor in den Grenzen 160 bis 4 dem Quadrat der Stromstärke proportional ist, während für darunter liegende Werte eine zwischen 2 und 0,7 veränderliche Potenz der Stromstärke gilt. — Burstyn[32]) untersucht mathematisch die Frage, wie unter sonst gleichen Umständen die Empfangsleistung von der Abstimmschärfe, der Länge des Luftleiters und der Wellenlänge abhängt.

Meßapparat. Der Dämpfungszeiger von Wiesent[33]) beruht darauf, daß zwei Kurzschlußringe im indifferenten Gleichgewicht, die an einer durch ihre Ebenen gehenden Achse übereinander befestigt und gegeneinander unter 45° geneigt sind, der eine im Felde der Spule eines mit der Anlage in Resonanz befindlichen Kreises, der andere im Felde einer zur ersten Spule senkrechten Spule, deren Kreis gegen die Resonanzfrequenz um einen gewissen Betrag verstimmt ist, eine Ruhelage aufsuchen. Der Apparat gestattet, Änderungen des logarithmischen Dekrements im Bereich von 0,75 bis 0,04 festzustellen, wobei Änderungen von 0,01 noch erkennbar sind.

Benennungen. Es sei noch hingewiesen auf Vorschläge, die der Elektrotechnische Verein auf Anregung aus Heereskreisen zur Verdeutschung elektrotechnischer Fachausdrücke auf dem Gebiet der drahtlosen Telegraphie gemacht hat[34]).

[1]) A. Sommerfeld, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 2. — [2]) J. A. Fleming, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 175. — [3]) L. Bouthillon, Rev. Gén. El. Bd 3, S 419. — [4]) E. W. Marchant, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 56. — [5]) C. J. de Groot, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 15. — [6]) H. M. Macdonald, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 45. — [7]) P. Ludwig, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 122. — [8]) L. Bouthillon, El. Rev. (Ldn.) Bd 83, S 47. — [9]) J. B. Pomey, Rev. Gén. El. Bd 3, S 675. — [10]) R. A. Fessenden, ETZ S 178. — [11]) E. V. L. Appleton, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 743. — [12]) J. Bethenod, Rev. Gén. El. Bd 3, S 499. — [13]) E. H. Barton u. H. Mary Browning, Rev. Gén. El. Bd 3, S 894. — [14]) O. Demmler, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 38. — [15]) J. M. Miller, ETZ S 7 (Scient. Pap. of the Bur. of Stand. 1916, Nr 269, S 129). — [16]) Van der Pol, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 432. — [17]) L. Zehnder, ETZ S 515. — [18]) J. H. Morecroft, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 658. — [19]) H. Chireix, Rev. Gén. El. Bd 4, S 363. — [20]) J. B. Pomey, Rev. Gén. El. Bd 4, S 790. — [21]) L. W. Austin, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 773. — [22]) R. Bown, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 112. — [23]) A. W. Hull, El. Rev. (Ldn.) Bd 83, S 77. — [24]) L. W. Austin, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 284. — [25]) J. Bethenod, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 278. — [26]) G. Vallauri, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 349; Bd 13, S 25. — Electr. (Ldn.) Bd 80, S 470, 636. —[27]) E. H. Armstrong, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 241. — [28]) O. B. Moorhead, Electr.

(Ldn.) Bd 81, S 741. — [29]) L. W. Austin, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 185. — [30]) ETZ S 289. — [31]) B. van der Pol, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 60. — [32]) W. Burstyn, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 427. — [33]) H. Wiesent, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 330. — [34]) JB drahtl. Telegr. Bd 13, S. 65.

XI. Telephonie.

Theorie, Leitungsbau. Von Geh. Postrat Prof. Dr. Franz Breisig, Berlin. — Apparate, Fernsprechbetrieb. Von Telegraphen-Ingenieur Karl Höpfner, Berlin.

Theorie, Leitungsbau.

Von Geh. Postrat Dr. Fr. Breisig.

Pupinisierung. Jordan[1]) erörtert die Frage der Erreichung geringsten Dämpfungsmaßes durch Einfügung von Pupinspulen. Er führt dazu die Verlustwinkel für das Dielektrikum und den Phasenwinkel ε für die Leitung ($\operatorname{tg} \varepsilon = R / \omega L$) ein und zeigt, für Kabel und für Freileitungen, daß die höchste erreichbare Verbesserung, d. h. das Verhältnis des natürlichen Dämpfungsmaßes zum verbesserten, nur durch den Verlustwinkel und die Spulenkonstante bestimmt wird, dagegen von Widerstand und Kapazität der Leitung unabhängig ist. — Pomey[2]) weist nach, daß künstliche Leitungen für Fernsprechzwecke nicht nur durch die bekannte H-Schaltung, sondern durch zahlreiche andere dargestellt werden können, vorausgesetzt, daß die einzelnen Zweige für die in Betracht kommenden Frequenzen auf bestimmte Werte abgeglichen werden können. — Schultheiß[3]) hat Berechnung und Messung des Wertes der Charakteristik von Pupinleitungen verglichen, indem er sich auf ein Element einer solchen Leitung beschränkt hat, also eine Spule in der Mitte eines Leitungsstücks. Dabei wird in der Hauptsache Übereinstimmung erzielt, nämlich soweit es möglich ist, die wirksamen Werte der zusammenwirkenden Teile genau festzustellen. Lag die Spule nicht in der Mitte eines Leitungsstücks, sondern unsymmetrisch, so ergaben sich von beiden Seiten verschiedene Werte; deren Beobachtung an langen Pupinleitungen kann also aus Ungleichheiten der Spulenverteilung erklärt werden.

Störungen. Schutz. Perret[4]) gibt eine Reihe von Schaltungen an zum Ausgleich von Störungen, die aus Starkstromanlagen in Schwachstromleitungen übergehen. Sie haben das Gemeinsame, daß sie neben der gestörten Leitung eine andere im Felde der Starkstromleitung verwenden, mit der die zu schützende durch Transformatoren verbunden ist. Gegenüber dem Ausbau der gestörten Leitung zur Doppelleitung scheint dies den Vorteil zu bieten, daß man durch Änderung des Übersetzungsverhältnisses in der Lage ist, genau abzugleichen. — Eine amerikanische Kraftübertragung hat an den Fernsprechleitungen, die unterhalb der Hochspannungsleitungen angebracht sind, in geringen Abständen Hörnerblitzableiter angebracht[5]), und zwar von jedem Zweige zu dem geerdeten eisernen Mast. Die Anlage kostet verhältnismäßig wenig und bringt den Apparaten und Personen erhöhten Schutz.

Als Literatur sind zu erwähnen Aufsätze von Valensi[6]) über die Anwendung von Verstärkern im Fernleitungsbetriebe der Vereinigten Staaten von Amerika sowie über den dortigen Bau der Fernsprechleitungen[7]); darin wird die Pupinisierung und die Verwendung von Luftkabeln besprochen. Pomey[8]) und Auric[9]) besprechen Näherungsformeln zur Berechnung der Dämpfungs- und Wellenkonstanten bei gegebenen Eigenschaften der Leitung. Šubrt[10]) behandelt die Aufgabe der Influenzbeeinflussung von Einfach- und Doppelleitungen durch Drehstrom, mit Zahlenberechnungen für mehrere Fälle. Die

französische Telegraphenverwaltung hat das Bauzeug für Fernlinien nach dem Vorschlag von Lorain einheitlich gestaltet[11]).

[1]) H. Jordan, ETZ S 61. — [2]) J. B. Pomey, Rev. Gén. El. Bd 3, S 123. — [3]) L. Schultheiß, ETZ S 273. — [4]) Perret, Rev. Gén. El. Bd 4, S 281. — [5]) El. World Bd 71, S 879. — [6]) Valensi, Rev. Gén. El. Bd 3, S 512. — [7]) G. Valensi, Rev. Gén. El. Bd 3, S 909. — [8]) Pomey, Rev. Gén. El. Bd 4, S 72, 251. — [9]) A. Auric, Rev. Gén. El. Bd 4, S 129. — [10]) A. Šubrt, El. Masch.-Bau S 365. — [11]) Lorain, ETZ S 288 (n. J. Telégr. 1917, S 189).

Apparate, Fernsprechbetrieb.

Von Telegrapheningenieur Karl Höpfner.

Amtseinrichtungen, Handämter. Baldwin[1]) behandelt in einem ausführlichen Vortrag vor der Inst. El. Engin, die bei der Umschaltung von Fernsprechämtern üblichen Verfahren und bewertet sie sowohl nach technischen Gesichtspunkten als auch nach der Wirtschaftlichkeit. — Mehmed Emin[2]) beschreibt die besonderen technischen Einrichtungen in einem Z.B.-Amt, die es ermöglichen, daß Teilnehmer über besondere von ihnen angegebene Nummern, die nur dem Amt bekannt sind, angerufen werden können. Die Anrufe seitens dieser Sprechstellen oder die Rufe nach diesen Sprechstellen kommen bei einer besonderen Dienststelle des Amts (Auskunftsstelle) an oder werden von ihr ausgeführt. Diese Einrichtungen sind von Ferid Emin durch Einfügen von Hilfsverbindungen am Zwischenverteiler noch verbessert worden. — Kunat[3]) schlägt vor, Vielfachumschalter M 02 im Verbindungsleitungs- und Bezirksverkehr mit optischer Freimeldeanzeige durch Lampen auszurüsten. Kunat erhofft dadurch eine wesentliche Besserung des Bezirksverkehrs. Zur Stromersparnis soll die optische Besetztanzeige während der verkehrsschwachen Stunden abgeschaltet werden. — Magener[4]) beschreibt die technischen Einrichtungen des Ortsamts in Chemnitz, das nach dem bekannten Westernsystem für Handbetrieb zur Aufnahme von 10000 Anschlüssen befähigt ist. — Venus[5]) bringt eine ausführliche Abhandlung über Grundlagen für die Bemessung der Arbeitskräfte für den Telegraphen- und Fernsprechdienst bei Telegraphenämtern, Postämtern I., II. und III. Klasse sowie bei Postagenturen. — Im Gebiet der Reichs-Telegraphenverwaltung[6]) sind einige neue Fernsprechämter in Betrieb genommen worden: Amt (Berlin-)Südring (früher Tempelhof) u. a. mit 24 A- und 12 B-Plätzen für 10000 Anschlüsse, neue Fernämter in Stettin und Chemnitz mit 29 und 40 Fernschränken. Die genannten drei Ämter sind von S & H eingerichtet worden.

Selbsttätige Einrichtungen. Im Australia-Hause in London besteht eine nur mit Schaltrelais arbeitende selbsttätige Vermittlungsanstalt[7]). An die Einrichtung, die für 200 Teilnehmer berechnet ist, sind 80 Teilnehmer angeschlossen. Sämtliche Vorgänge, wie Auswählen der verlangten Nummer, Verbinden mit diesem Anschluß, Rufen, Trennen usw. werden durch einfache Schaltrelais ausgeführt, wie sie in Handämtern bekannt sind. Als Stromquelle dient eine Sammlerbatterie von 24 V. Die Vermittlungsstelle ist nach dem System von Betulander und Palmgren von der Relay Automatic Telephone Co. Ltd. eingerichtet worden. — In Leeds ist ein selbsttätiges Vermittlungsamt nach dem Strowgerschen System für 6800 Teilnehmer mit einer Aufnahmefähigkeit von 15000 Anschlüssen in Betrieb genommen worden; dieses ist das größte selbsttätige Vermittlungsamt in England. Das britische Generalpostamt[8]) hat bisher folgende selbsttätige Vermittlungsanstalten dem Betrieb übergeben: 1. die von der Automatic Telephone Mfg. Co. in Liverpool eingerichteten Anstalten in Accrington (700), Blackburn (2400), Chepstow (65), Epson (500), Leeds (6800), Newport (Mon.) (1800), Official (700), Paisley (1100), Portsmouth (5000); 2. die von der Western El. Co. in Woolwich eingerichteten

Anstalten in Dudley (500) und Darlington (800); 3. das nach dem Lorimerschen System eingerichtete Amt Hereford (500), und 4. zwei von Siemens Bros in Woolwich eingerichtete Anstalten in Grimsby (1300) und Stockport (950). — In Posen[9]) hat man mit der Ausrüstung einfacher Sprechstellen und Umschaltestellen mit einer Amtsleitung und nicht mehr als 5 Nebenstellen mit Apparaten für den vollselbsttätigen Vermittlungsverkehr, also mit Wählscheibenapparaten begonnen, so daß Posen nunmehr einen zum Teil halbselbsttätigen, zum Teil voll selbsttätigen Betrieb nebeneinander hat. Ferner wird in Posen auch ein Hilfsamt für 1000 Anschlüsse in Betrieb genommen werden. — Erlang[10]) leitet mit dem mathematischen Hilfsmittel des statistischen Gleichgewichts eine Formel für die Wahrscheinlichkeit ab, alle Leitungen besetzt zu finden und bringt in Tabellen Ausrechnungen dieser Formel. Ferner bringt Erlang ohne Angabe der Ableitung Formeln und Tabellen über Wartezeiten und den Einfluß von Staffelungen. — Engset[11]) berechnet mit Hilfe der eben erwähnten Erlangschen Formel, die er auf einem anderen Weg ableitet, die Verlustziffer für den Sprechverkehr über eine beschränkte Zahl von Verbindungswegen, wobei die Formel die Teilnehmerzahl, die Sprechdauer und die Zahl der Verbindungsleitungen enthält. Die Ergebnisse stimmen mit den Erfahrungswerten nahezu überein.

Fernverkehr. Nach Taffin[12]) hat auch die französische Telegraphenverwaltung Relaisumschaltungseinrichtungen für Fernleitungen eingeführt, um die dauernde Einführung großer Fernleitungen in die Stadtgebiete bis zu den Telegraphenämtern, lediglich zu Untersuchungszwecken, zu vermeiden, die Fernleitungen außerhalb der Stadt unmittelbar durchzuschalten und nur von Fall zu Fall zum Untersuchungsamt schalten zu müssen. — Die französische Telegraphenverwaltung hat für das technische Personal eine Sondervorschrift über die Mehrfachausnutzung von Fernsprechleitungen[13]) herausgegeben. Dieser Schrift ist u. a. zu entnehmen, daß nur noch kleine Doppelsprech-Ringübertrager von 1,5 kg Gewicht an Stelle der alten, großen, 13 kg wiegenden verwendet werden. Das Dämpfungsmaß dieser Übertrager ist 0,12, berechnet aus Leerlauf- und Kurzschlußwiderstand. Ihr Ohmscher Widerstand ist 42 Ω. Belastet man den Zweitkreis des neuen Übertrages mit 1000 Ω, so werden die Sprechströme mit einem Wirkungsgrad von 85%, die Rufströme mit 50% übertragen. — Auf italienischen Bahnen wird das System des gleichzeitigen Fernsprechens[14]) auf Morseleitungen verwendet, das die Grundzüge des Rysselbergheschen Gedankens trägt. Gerufen wird mit Wechselstrom einer Frequenz von 100 Per/s.

In den Vereinigten Staaten von Amerika werden im Fernverkehr Kathodenröhren als Verstärker verwendet[15]). Als Beispiele für besondere mit Verstärkern erzielte Erfolge werden die oberirdische, 5600 km lange Fernleitung New York-San Francisco und die unterirdische, etwa 800 km lange Verbindung Boston-

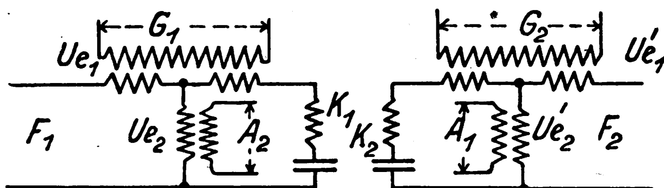


Abb. 9. Zweiröhren-Wechselschaltung.

Washington über New York und Philadelphia angeführt. Das Dämpfungsmaß der 4,2 mm starken Bronzeleitung New York-San Francisco z. B. ist nach Einbau von 400 Pupinspulen etwa 7,0. Die Einschaltung von 3 Zwischenverstärkern mit je 2 Röhren mindert das Dämpfungsmaß auf 2,24 herab.

Die Amerikaner verwenden vorzugsweise Zweiröhren-Wechselschaltungen nach der in Abb. 9 dargestellten grundsätzlichen Schaltung. Die Röhre 1 nimmt die schwachen Ströme aus der Fernleitung F 1 auf und gibt sie verstärkt an die Fernleitung F 2 weiter; dasselbe gilt entsprechend für den umgekehrten Weg. Um den Kreislauf der Energie innerhalb der Wechselschaltung zu vermeiden, muß der Scheinwiderstand jeder der beiden Fernleitungen künstlich nachgebildet werden.

Im Zusammenhang hiermit sei auf die amerikanischen Patentschriften 1167694 und 1167693 aus den Jahren 1915 und 1916 aufmerksam gemacht. In der ersteren wird dargelegt, daß sich der Scheinwiderstand einer langen oberirdischen Fernleitung ohne Spulen darstellen läßt durch eine Reihenschaltung von Widerstand und Kapazität. In der zweiten Patentschrift wird gezeigt, daß der Scheinwiderstand einer langen Pupinleitung dargestellt werden kann durch verhältnismäßig einfache Zusammenschaltungen einiger Widerstände, Spulen und Kondensatoren (vgl. Abb. 10). Der Teil R_0, L_1, C_1 soll die lineare Komponente des Scheinwiderstandes auch in ihrer Abhängigkeit von der Frequenz darstellen, der Teil L_4—C_4 dagegen die kapazitive Komponente. Diese Nachbildung wäre richtig, wenn die erste Pupinspule nicht um einen halben Spulenabstand vom Amt entfernt säße, sondern nur um 0,14 des Spulenabstandes. Der Teil $r/_2$—$r/_2$—C soll $(0{,}5 - 0{,}14) = 0{,}36$ des Spulenabstandes nachbilden.

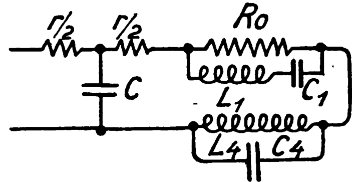


Abb. 10. Nachbildung des Scheinwiderstandes einer pupinisierten Fernsprechleitung.

Die Amerikaner unterscheiden zwischen Verstärkern, die dauernd in eine Leitung eingeschaltet sind, und solchen, die in einer großen Zentrale von Fall zu Fall in Durchgangsverbindungen eingeschaltet werden können. Für letztere Zwecke werden besondere Verstärkerschränke hergestellt, in denen die Verstärker mit ihren Hilfsschaltungen untergebracht sind und an denen die Leitungen und die künstlichen Nachbildungen an die Verstärker angeschaltet werden können. Ferner wird auf die besonderen Anforderungen hingewiesen, die wegen des Verstärkerbetriebes an die Homogenität der Leitungen zu stellen sind. — Furthmann[16]) behandelt ebenfalls die Verwendung von Verstärkern in Fernleitungen. U. a. bringt er auch die schon erwähnte Nachbildung des Scheinwiderstandes einer langen, spulenlosen Freileitung durch eine Reihenschaltung von Widerstand und Kapazität. — In Frankreich verwendet man Verstärkerschaltungen ohne künstliche Nachbildungen[17]). Als Verstärker werden zwei in Stufen geschaltete Kathodenröhren der drahtlosen Telegraphie verwendet. Besondere Vorkehrungen an den Verstärkern ermöglichen die Zündung der Verstärker von den Endämtern aus.

In Amerika erprobt man seit kurzem zwischen Baltimore und Pittsburgh ein neues Verfahren des Mehrfachfernsprechens und Telegraphierens[18]). Die Möglichkeit, mehrere Gespräche auf einer Leitung gleichzeitig zu führen, wird dadurch erreicht, daß gewissermaßen als Träger der Sprechströme schnelle Wechselströme benutzt werden, deren Frequenz oberhalb der Sprechstromfrequenzen und unterhalb der langsamsten, in der drahtlosen Telegraphie verwendeten Frequenzen liegen, d. s. von etwa 3000 Perioden an bis etwa 20000 Perioden. Am empfangenden Ende steht jeder Empfänger mit der Leitung durch eine Filterschaltung (Spulen und Kondensatoren) in Verbindung, die nur einen bestimmten, dem Empfänger zugeteilten Frequenzbereich von 2500 Schwingungen durchläßt. Die Sprache wird hörbar gemacht durch Verstärkerröhren in der Audionschaltung. Wegen des Frequenzbereichs können keine abgestimmten Stromkreise wie in der drahtlosen Telegraphie benutzt werden. Der Versuchsbetrieb soll durchaus befriedigt haben; man setzt große Hoffnungen auf das neue System. In Deutschland sind ähnliche Versuche im Gange.

Apparattechnik. Strößner[19]) berichtet über Verbesserungen an Mikrophonsummern. Es ist gelungen, durch den Einbau von Drosselspulen und veränderbaren Kondensatoren eine Abstimmbarkeit des Summers zu erzielen.

Nach neueren Erfahrungen auf dem Gebiet des Nebenstellenwesens wird bei den Reihenanlagen, zum mindesten bei den großen Anlagen mit mehr als 2 Amtsleitungen, die selbsttätige Auswahl einer freien Amtsleitung als erwünscht bezeichnet[20]). Ferner wird eine optische oder akustische Besetztanzeige für Verbindungen zwischen Reihensprechstellen für notwendig gehalten, um ein unbeabsichtigtes Einschalten in eine Verbindung zu verhüten. Für die größeren Nebenstellenanlagen, die mit Rückstellklappen- oder Glühlampenschränken ausgerüstet sind, wird die Frage der Schluß- und Überwachungszeichen im Verkehr der Nebenstellen untereinander und mit dem Amt eingehend geprüft. Die Abhandlung beschäftigt sich fernerhin mit den Doppelverbindungen, mit den Maßnahmen für den Fernverkehr, mit der Trennung der Amtsleitungen in ankommende und abgehende, mit der Bezeichnung der Nebenstellen, mit den Rückfrageapparaten, mit dem Einbau eines Zwischenverteilers und mit der Stromversorgung.

Ragnar Holm[21]) bringt eine Abhandlung über Eisenverluste, besonders über Wirbelstromverluste, in Fernsprechübertragern und Spulen. Diese Abhandlung ergänzt seine frühere Arbeit über die Berechnung von Fernsprechübertragern (JB 1917, S 135). Am Schluß der neuen Abhandlung berichtigt Holm einige Formeln der älteren Arbeit und weist auf eine Arbeit von Pleijel über Übertrageranpassung an Fernleitungen hin, die dieser der 2. Konferenz der Telegraphen- und Fernsprechtechniker vorgelegt hat.

Umfang des Fernsprechverkehrs. Valensi[22]) berichtet über die Entwicklung des Fernsprechverkehrs in den Vereinigten Staaten von Amerika. Valensi schätzt den Wert des amerikanischen Fernsprechnetzes auf 5 Milliarden Franken. — Hans v. Hellrigl[23]) berichtet über die Entwicklung des Fernsprech- und Telegraphenverkehrs in Österreich in den Kriegsjahren 1915 und 1916.

[1]) F. G. C. Baldwin, El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 172. — Electr. (Ldn.) Bd 80, S 628, 655, 749. — [2]) Mehmed Emin, J. Télégr. S 49. — [3]) Kunat, Telegr. u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 1. — [4]) Magener, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 49. — [5]) Venus, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 67. — [6]) ETZ S 316. — [7]) El. Rev. (Ldn.) Bd 83, S 127. — Electr. (Ldn.) Bd 81, S 317. — [8]) J. Hedley, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 84. — El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 483. — [9]) ETZ S 316.—. [10]) A. K. Erlang, ETZ S 504. — [11]) T. Engset, ETZ S 304. — [12]) Taffin, J. Télégr. S 3. — [13]) J. Télégr. S 33. — [14]) Regnoni, Rev. Gén. El. Bd 3, S 71. — [15]) Ann. Postes, Télégr. Téléph. 1917, S 595. — [16]) Furthmann, Teleph. Eng. Mai 1918, Heft 5. — [17]) Ann. P. T. T. S 403. — [18]) Electr. (Ldn.), Bd 82, S 127. — [19]) Strößner, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 17. — [20]) Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 7, S 33. — [21]) Ragnar Holm, Arch. El. Bd 7, S 136. — [22]) Valensi, Rev. Gén. El. Bd 3, S 232. — [23]) H. v. Hellrigl, El. Masch.-Bau, Anh. Heft 5, S 17.

XII. Elektrisches Signalwesen, elektrische Meß- und Registrierapparate und Uhren.

Eisenbahnsignalwesen und Zugdienst. Von Regierungs- und Baurat Roudolf, Berlin. — Schiffahrts-, Sicherheits- und Betriebssignale; Anzeige- und Meßapparate für nichtelektrische Größen. Von Geh. Oberpostrat Prof. Dr. K. Strecker, Berlin.

Eisenbahn-Signalwesen und Zugdienst.

Von Regierungs- und Baurat Roudolf.

Das fünfte Kriegsjahr hat trotz aller durch die Ereignisse unvermeidlichen Behinderungen und Erschwernisse gleich den Vorjahren recht beachtenswerte

Neuerungen gezeitigt. Eine Reihe der im Eisenbahnsignal-, Telegraphen- und Fernsprechdienst während des Krieges gesammelten Erfahrungen nutzbringend anzuwenden und umzugestalten, wird uns jetzt vorbehalten bleiben.

El. Weichen- und Signalbeleuchtung. Die in den Vorjahren gesammelten günstigen Erfahrungen, die wir mit der elektrischen Beleuchtung der Weichensignale in technischer und in wirtschaftlicher Hinsicht gemacht haben, veranlaßten mehrere Eisenbahndirektionen, diese Beleuchtungsart auch an Haupt- und Vorsignalen sowie Gleissperrsignalen, Wasserkranen usw. auszuproben. Im Bezirk der Eisenbahndirektion Erfurt wird von Lehmann[1]) für die Beleuchtung der Weichen-, Haupt-, Vor- und Gleissperrsignale eine Anordnung gewählt, die sich von den an anderen Stellen verwendeten Bauarten wesentlich unterscheidet. Für die Weichenbeleuchtung sind Glühlampen verwendet, die gegen die im Eisenbahnbetriebe unvermeidlichen Stöße und Erschütterungen fast unempfindlich sind. Besonders beachtenswert ist die Anordnung der herablaßbaren Lampensätze an den Hauptsignalen. Durch Einbau von Kontrolllampen im Stellwerkdienstraum wird eine bessere Überwachung der Nachtsignale gewährleistet. Nach dem Ergebnis mehrfacher Versuche reichen für die Weichen- und Signalbeleuchtung fünfkerzige Metallfadenlampen vollständig aus. Um die Lebensdauer der Lampen zu erhöhen und die Unterhaltungskosten noch weiter zugunsten der el. Beleuchtungsart einzuschränken, wurden mit gutem Erfolg zehnkerzige Metallfadenlampen angewandt und diese mit etwa 50% Unterspannung betrieben.

Schaffer[2]) berichtet über mehrere auf der Strecke Frutigen—Brig erprobte Ausführungen el. Weichen- und Signalbeleuchtungen. Der Fahrleitungsstrom von 1500 V wird auf 100 V herabgesetzt und mit dieser Spannung ein Umformer betrieben, der eine Sammlerbatterie in bestimmten Zeitabständen speist, welcher der Strom für die el. Weichen- und Signalbeleuchtung entnommen wird. An anderen Stellen sind diese Lampen an ein Beleuchtungsnetz von 125 V angeschlossen. Die Einfahr-, Vor- und Durchfahrsignale sind an einen Schalter, die Ausfahrsignale und Weichen dagegen an einen oder mehrere andere Schalter gelegt. Um die Betriebssicherheit zu erhöhen, wurden die Signale mit je 2 Lampen von je 10 HK bei 0,15 A mit je 2 Leuchtfäden versehen. Ist der eine Leuchtfaden durchgebrannt, so brennt der zweite weiter, so daß ein völliges Erlöschen der Signallampen wirksam verhindert ist. Auch hier hat sich wie an anderen Stellen erwiesen, daß die erstmaligen Ausgaben der Anlagekosten sehr bald durch die Ersparnisse an Petroleum, Lampen und Lampenteilen, Wartung usw. gedeckt sind. Die frühere Petroleumbeleuchtung ist, wie Schaffer nachweist, teurer. Ein unbedingt sicheres Brennen ist auch bei stürmischem Wetter gewährleistet.

El. Stellwerkanlagen. Die sachgemäße Instandsetzung durchgebrannter Sicherungen bespricht Ely[3]). Bezüglich der Sicherungen für Kraftstellwerke ist bei den preußischen Staatsbahnen vorgeschrieben[4]), daß durchgebrannte Sicherungen, da ihre Abschmelzstromstärken bei den einzelnen Bauarten verschieden sind und die Verwendung falscher Schmelzstreifen nachteilige Folgen haben kann, nur durch diejenige Signalbauanstalt, welche die Anlage hergestellt hat, ergänzen zu lassen sind.

Über Wolframkontakte als Ersatz für Platinkontakte berichtet Fleischbein[5]). Wenngleich Platin, das unter chemischer und el. Einwirkung bekanntlich nicht oxydiert, bisher als bestes Kontaktmetall galt, so konnte nach vielen Versuchen Wolfram als ein dem Platin in jeder Beziehung gleichwertiges, zum Teil überlegenes Metall für Kontakte Verwendung finden; vgl. S. 161.

El. Lichtsignalanlagen für Straßenbahnen. Die Große Berliner Straßenbahn[6]) hat auf der Strecke Nordbahnhof-Wittenau eine beachtenswerte Verbesserung an handbedienbaren Lichtsignalen für eingleisige Straßenbahnstrecken eingeführt. Es werden mittels der für Tag und Nacht gleichen Lichtsignale die Signale „Halt" (rotes Licht) und „Fahrt frei" (grünes Licht) gegeben. Vor Einfahrt in eine eingleisige Strecke hat der Schaffner eines Wagenzuges, so-

fern kein Signallicht eingestellt ist, einen Schalter umzulegen, der ein grünes Licht *a* für den Fahrer des eigenen Zuges, ein rotes Licht *b* für einen nachfolgenden Zug an dem einen Ende der Strecke und ein rotes Licht *c* für einen Gegenzug, sowie ein weiteres rotes Licht *d* an dem anderen Ende der eingleisigen Strecke für den Fahrer des eigenen Zuges einschaltet. Sobald der Schaffner an das Lichtsignal *d* herangekommen ist, hat er durch Betätigung eines zweiten Schalters sämtliche vier Lichtsignale wieder auszuschalten.

El. Weichenstellung für Straßenbahnen. Über Verbesserungen an el. Weichenstellvorrichtungen für Straßenbahnen berichtet Königshagen[7]). Es wird nachgewiesen, daß die el., vom Fahrer bewirkte Weichenstellung sich erheblich billiger stellt als das Stellen der Weichen von Hand. Die AEG hat zwei Ausführungen elektromagnetisch wirkender Antriebe fertiggestellt und ausgeprobt. Bei der einen Ausführung wird die Weiche beim Befahren eines kurzen, von der Fahrleitung isoliert abgetrennten Leitungstückes umgestellt. Steht die Weiche für eine Fahrt richtig und soll eine Umstellung der Weiche nicht erfolgen, so muß der Fahrer den Wagenmotor beim Befahren dieses nur kurzen Fahrdrahtabschnittes abschalten. Bei der anderen Ausführung werden zwei Elektromagnete, für die +- und die —Stellung verwendet. Einer dieser Elektromagnete ist an einen neben dem Fahrdraht angebrachten und vom Stromabnehmer bestrichenen Kontakt angeschaltet und wird beim Durchfahren des Stromabnehmers stromführend. Dieser Kontakt bewirkt eine —Umstellung der Weiche. Der zweite Elektromagnet wird beim Befahren eines Teilstückes des Fahrdrahtes angeschaltet und bewirkt eine +Umstellung der Weiche. Während der Dunkelheit wird dem Fahrer die Stellung der Weiche durch ein am nächsten Mast oder Spanndraht angebrachtes Weichensignal kenntlich gemacht.

Selbsttätige Signalanlagen. Die Schaltung der Gleis- und Signaltransformatoren mit Eisendrahtwiderstand im Gleisstromkreise, den Drosselstoß, die Blockschalter, die Wechselstrom-Flügelsignale der Bauarten S & H und Westinghouse, die ohne Umschalter arbeitenden rot-grünen Lichtsignale, die Fahrsperre und den Bremsauslöser am Wagendach der Berliner Hoch- und Untergrundbahn beschreibt Kemmann[8]). Im Vergleich zu anderen und älteren Bauarten des Auslandes ist das rein elektrische Signalsystem der Berliner Hoch- und Untergrundbahn das vollkommenste und so weit vereinfacht, daß weitere Vereinfachungen wohl kaum noch möglich sind.

Selbsttätige Blockeinrichtungen. Die Blockierung und Fernsteuerung für el. betriebene Hängebahnen behandelt Dörr[9]). Während bei früheren Ausführungen außer einer unterteilten Schleifleitung noch besondere kurze Stromschlußstücke teilweise beweglich angeordnet werden, bei anderen Ausführungen sogar zwei Schleifleitungen vorgesehen werden müssen, genügt bei der von Dörr beschriebenen Bauart eine Schleifleitung. Die Fahrschiene dient bei den meisten Bauarten als Rückleitung. Von zwei neben oder über der Fahrschiene angeordneten Leitungen ist die eine als Speiseleitung durchgeführt, die andere als Fahrleitung in eine Anzahl abwechselnd längere und kürzere Blockabschnitte unterteilt. Die kurzen Abschnitte sind dauernd über den einen Elektromagnet eines Blockschalters an die Speiseleitung angeschlossen. Die längeren Abschnitte sind abwechselnd stromlos oder stromführend, je nach der selbsttätig durch die Hängewagen bewirkten Betätigung des zweiten Elektromagnets jedes Blockschalters. Geht ein Wagen von einem kurzen in einen langen Fahrdrahtabschnitt über, so wird der rückwärts gelegene lange Fahrdrahtabschnitt stromlos. Ein in solchen Abschnitt einlaufender Wagen bleibt stehen, bis der vorliegende Wagen seinen Fahrdrahtabschnitt verlassen hat. Die geringste Länge der langen Fahrdrahtabschnitte entspricht dem größten Auslaufweg eines Wagens. Weitere wichtige Verbesserungen sind an den Fernsteuerungen von Hänge- und Kranwagen erreicht, die ein Senken, Heben, Vor- und Rückwärtsfahren gleichzeitig zulassen.

Bedienung von Blockwerken durch Kriegsbeschädigte. Wichtige Verbesserungen an Einrichtungen für Bedienung von Blockwerken durch Einarmige beschreibt Blum[10]), die gegenüber früheren Anordnungen[11]) den Vorteil haben, daß sie bei Dienstwechsel zwischen gesunden und einarmigen Bediensteten nicht entfernt werden müssen.

El. Streckentastensperren für Blockwerke. In Ergänzung der Vorschr. f. d. Blockdienst sind vom preußischen Ministerium[12]) zur Einschränkung von Betriebsgefahren, die durch übereiltes Öffnen el. Streckentastensperren eintreten können, Anweisungen erteilt worden. Ferner sind, um eine vorzeitige Freigabe besetzter Blockstrecken unmöglich zu machen, die el. Streckentastensperren der Blockstellen, die früher nur plombiert waren, durch Glasscheiben abgeschlossen, ähnlich wie bei den Feuermeldern. Eine Betätigung von Hand ist daher erst nach Zerschlagen der Glasscheibe möglich.

Einfluß von Starkstromleitungen auf Schwachstrom- und eiserne Rohrleitungen. Fischer[13]) berichtet, daß das frühere, dem deutschen Telegraphengesetz ähnliche Gesetz der Schweiz von 1889, in das auch Schwachstromleitungen der Eisenbahn mit einbezogen sind, wegen der starken Zunahme an Starkstromleitungen wesentlich zugunsten der letzteren geändert worden ist. Die Kosten für Schutzmaßnahmen fallen hiernach in der Schweiz nicht allein dem späteren Hersteller einer Neuanlage, sondern beiden Unternehmern nach besonderen Richtlinien zu.

E. Rosa und Buston Mc Collmer[14]) behandeln die Verminderung von Stromschäden an Schwachstromanlagen und Gas- und Wasserleitungsnetzen. Gute Erfolge wurden durch besser überbrückte Schienenstöße an den Fahrschienen el. Bahnen und durch isolierte Muffen an den Rohrleitungen und parallel zu diesen geführte Rückleitungen erzielt. Die schädlichen Beeinflussungen, welche Fernsprechleitungen erleiden, die parallel zu Bahnstrom-, dreiphasigen Wechselstrom- und anderen Starkstromleitungen laufen, bespricht Osborne[15]). Die el. Vorgänge werden an Hand von Formeln erläutert und zur Abhilfe u. a. vorgeschlagen, die Anzahl der Leitungsmaste zur Verringerung der Ableitungsstellen möglichst einzuschränken.

Isolierte Schienenstrecken. Über Versuche mit isol. Schienenstrecken auf eisernen Schwellen berichtet Roudolf[16]). Die Isolierung der einen Schienenseite gegen die andere und gegen die benachbarten Schienen wird erreicht durch Hartpapierlaschen und Hartpapierunterlags- und Klemmplatten. Die Hartpapierlaschen gleichen in ihren Abmessungen fast den Eisenlaschen. Auf diese Weise werden besondere Laschenbolzen wie bei den Holzlaschen entbehrlich. Die zwischen dem Schienenfuß und der eisernen Querschwelle eingefügten Hartpapierunterlags- und Klemmplatten sind ebenfalls so bemessen, daß Höhenunterschiede zwischen der isolierten und gegenüberliegenden Schiene vermieden und die normale, für eisernen Oberbau eingeführte Hakenschraube verwendet werden kann. Der Vorteil dieser isolierten Schienenstrecken in Strecken mit eisernem Oberbau liegt darin, daß der bisher erforderliche Einbau von Hartholzschwellen für isolierte Schienenstrecken, der neuerdings bis in die Mitte der an eine isolierte Schienenstrecke anschließenden Schienenjoche durchgeführt werden muß, wegfällt. Bei isolierten Schienen mit Erde als Rückleitung werden die Hartpapierteile nur auf der zu isolierenden Schienenseite verwendet. Bei isolierten Schienen mit erdfreier Rückleitung sind die Hartpapierbauteile auf beiden Schienenseiten einzulegen. Die Versuche haben sehr gute Ergebnisse gezeitigt.

Eisenbetonkanäle. Auf Grund der günstigen Ergebnisse mit Eisenbeton-Leitungständern und Kanälen für Stellwerk-Drahtzugleitungen sind durch Roudolf[17]) Kabelkanäle aus Eisenbeton für el. Kraftstellwerkanlagen und für zusammenhängende Kabelgruppen von Telegraphen- und Fernsprechanlagen eingeführt worden. Sie gestatten ein jederzeit leichtes Untersuchen und Ausbessern von Kabeln, wie auch ein nachträgliches Einlegen neuer Kabel ohne

kostspielige Erdarbeiten. Die Kabel liegen in dem Kanal trocken, während sie in der Erde immer der Feuchtigkeit ausgesetzt sind.

Berechnung von Signalbrücken. Infolge der verschiedenartigen Ausbildung von Signalbrücken und der ständig zunehmenden Belastungswerte für Signalbrücken durch den häufigen nachträglichen Einbau von el. Kraftantrieben hat das Eisenbahn-Zentralamt in Berlin[18]) Grundzüge für die Berechnung von Signalbrücken und Auslegern aufgestellt, welche einheitliche Werte für die Beanspruchung der Eisenteile auf Zug, Druck, Abscherung, Winddruck, Schneedruck, Eigenlast angeben.

Selbsttätige Zugachsenzähler unter Verwendung bekannter el. Zählwerke in Verbindung mit einseitig wirkenden Radtastern bzw. Quecksilber-Schienenstromschließern oder unter Verwendung rein el., auf Induktion beruhender Einrichtungen beschreibt Bäseler[19]). Diese Zugachsenzähler sollen die Durchführung richtiger Betriebsmeldungen des Wagendienstes und eine Entlastung der Beamten ermöglichen.

Schwachstromquellen. Körner[20]) weist nach, daß das Wolframmetall sich für galvanische Elemente und Sammler verwenden läßt. Mit Wolfram als — und Quecksilber als +Elektrode in Natronlauge ergab das Element eine EMK von 0,49 bzw. 0,69 V. Bei Wolframsammlern schwankt die Spannung zwischen 0,62 und 0,85 V.

Die Ergebnisse eingehender Messungen an Zink-Kohle-Elementen, welche von der preußischen Eisenbahnverwaltung während des Krieges an Stelle der Meidinger Elemente eingeführt wurden, faßt Lucas[21]) dahin zusammen, daß einmal der innere Widerstand dieser Elemente viel kleiner ist, als nach Betriebsmessungen vielfach angenommen wird, und daß er unabhängig ist von der dem Element entnommenen Stromstärke; ferner daß die EMK mit steigender Stromstärke und der Dauer und Stärke der Beanspruchung des Elements fällt und schließlich, daß die Depolarisationsfähigkeit mehr mit der Beanspruchung als mit dem Alter des Elements abnimmt.

Schwachstrommeßinstrumente. Die in den Vorjahren versuchsweise erfolgte Umänderung gewonnener Stromfeinzeiger von Streckenfernsprechern zu Meßinstrumenten für Stromstärke-, Spannungs- und Widerstandsmessungen beschreibt Palitza[22]). Die Neuanordnung läßt Stromstärkemessungen zu mit den Meßbereichen 0 bis 50, 0 bis 500 und 0 bis 5000 mA, Spannungsmessungen für 0 bis 5 und 0 bis 50 V, sowie Widerstandsmessungen bis zu 5000 Ω.

El. Uhrenanlagen. Koßmann[23]) beschreibt eine für drei nebeneinanderliegende große Bahnhöfe errichtete gemeinschaftliche el. Uhrenanlage mit zwei sich gegenseitig kontrollierenden Hauptuhren, welche bei vier Leitungszweigen zusammen 240 Nebenuhren el. stellt.

Ablaufsignale. Zu dem Ablaufsignal nach Roudolf mit parabolisch gekrümmtem Doppelflügel und davorstehender Lampe, das sowohl el. bewegt, als auch für Handstellung eingerichtet werden kann, ist ein dem Ablaufhauptsignal gleiches Wiederholungssignal auf Grund eines Erlasses des preußischen Ministeriums d. ö. Arb.[24]) eingeführt. Für die Verwendung des Wiederholungssignales und des Abstandes zwischen diesem und dem zugehörigen Ablaufhauptsignal sind die örtlichen Verhältnisse maßgebend. Für gewöhnlich genügt ein Signal, da die Ausziehgleise des Ablaufberges nur 500 m lang sind.

Eisenbahntelegraphie. Eine kurz vor dem Kriege im Telegraphenamt des Schlesischen Bahnhofs in Berlin erbaute neuzeitliche große Schaltanlage für Eisenbahn-Telegraphenleitungen beschreibt Schramm[25]). Die Neuanlage besteht aus einem Hauptumschalter mit Glühlampenanruf und einem Empfänger und Sender für die selbsttätige Morsetelegraphie. Der Umschalter ermöglicht bei 60 Morsearbeitsplätzen und 120 Leitungen eine tägliche Bewältigung von rd. 1300 eingehenden Telegrammen und 1100 Verbindungsschaltungen.

Eisenbahnfernsprecher. Die im Reichsfernsprechdienst gesammelten günstigen Erfahrungen mit pupinisierten Fernsprechleitungen haben auch die

Eisenbahnverwaltung veranlaßt, in weitgehendster Form davon Gebrauch zu machen. Maertz[26]) bespricht eine Anlage im Bezirk der Eisenbahndirektion Danzig, die aus Doppelsprechkreisen mit zwei Doppelleitungen für drei gleichzeitige Gespräche und gekreuzten und pupinisierten Fernleitungen besteht. Es wird nachgewiesen, daß die früher den Fernsprechbetrieb stark störenden Telegraphiergeräusche und das sog. Übersprechen wie Beeinflussung und Mithören fremder Gespräche wirksam eingeschränkt worden sind. — Selbstanschluß und ihre Wirkungsweise, Bedienung, Schaltung u. dgl. beschreibt Jung[27]). Außer wirtschaftlichen Vorteilen wird nachgewiesen, daß sofort nach Beendigung eines Gespräches ein neues begonnen werden kann, und daß die jederzeitige Bereitschaft des Selbstanschlusses auch für den Nachtverkehr vorhanden ist.

Schultheiß[28]) veröffentlicht eine eingehende Abhandlung von Messungsergebnissen über Drahtstärken, Kreisfrequenz, Induktivität, Kapazität, Ableitung, Dämpfung usw. an pupinisierten Fernsprechleitungen. Er bringt u. a. den Nachweis, daß in der Praxis zu beobachtende Fehler an pupinisierten Leitungen oft auf die ungleichmäßige und falsche Verteilung der Pupinspulen zurückzuführen sind.

Fernmeldeschaltungen. Die Technik der Fernmeldeschaltungen behandelt Neuhold[29]). Er gibt eine Reihe von Anhaltspunkten und beachtenswerten Regeln bekannt.

Blitzableiteranlagen. Das preußische Ministerium d. ö. Arb.[30]) gibt in einem Erlaß die Richtlinien über die Herstellung und Auswechselung von Blitzableitern bekannt. Es wird nachgewiesen, daß zur Einschränkung des Kupferverbrauches und kostspieliger Auffangstangen mit Platinspitzen einfache Eisenendigungen, gut geerdete Schornsteinaufsätze, Windfahnen, Dachfirst-Zinkbekleidungen und andere vorspringende Metallteile genügen. An Gebäuden emporgehende Metallteile, wie Abfallrohre, Regenrinnen, Eisenkonstruktionen, Metalldächer usw. können in den Leitungsweg für Blitzableiter einbezogen werden.

Luftleerblitzableiter werden in einem Erlaß des preußischen Ministeriums d. ö. Arb.[31]) zur allgemeinen Einführung für lange Telegraphen- und Fernsprechleitungen empfohlen, da bei ihnen auch unter ungünstigsten Verhältnissen kein Erdschluß durch Fremdkörper, feuchte Niederschläge u. dgl. eintreten kann.

Dreistellige Flügelsignale. Eine beachtenswerte Abhandlung über dreistellige Flügelsignale schreibt James Benj. Bell[32]). Er weist nach, daß auf Strecken mit dichter Zugfolge und kurzen Blockstrecken ein Halten vor Signalen und der durch das Wiederanfahren verursachte Kohlenverbrauch wirksam eingeschränkt werden, wenn dem Lokomotivführer an einem Blocksignal der besetzte Zustand der übernächsten, d. h. der vor der vorliegenden Blockstrecke gelegenen Blockstrecke bereits angezeigt wird. In England werden mit ein und zwei Flügeln und drei Farben die Zeichen Halt, Vorsicht und Frei gegeben.

Sandgleise. Um einen ausreichenden Schutz vor Dreh- usw. -brücken zu erreichen und das Überfahren von Deckungssignalen vor den Drehbrücken ungefährlich zu machen, sind in England mit gutem Erfolg Sandgleise[33]) in einiger Entfernung hinter den Signalen eingebaut worden. Dieselben werden in etwa 38 cm Abstand auf den Schwellen des Stuhlschienenoberbaues mitbefestigt und durch je eine Weiche am Beginn und am Ende der Sandgleisstrecke mit dem Hauptgleis verbunden. Die Gleisstrecke ist so lang bemessen, daß auch bei größter Geschwindigkeit der Zug in derselben so stark abgebremst wird, daß er den Gefahrpunkt, z. B. die aufgedrehte Brücke, nicht erreicht. Das in gleicher Höhe mit Schienenoberkante liegende Sandgleis ist von einem genügend breiten, etwa 30 cm über die Schiene hinausragenden ⊔-Eisensandtrog umgeben. Das Überfahren eines Signals und das Befahren des Sandgleises werden durch el. Einrichtungen überwacht, so daß ein Überfahren des Haltsignals einwandfrei festgestellt werden kann.

[1]) Lehmann, Z. Eisenb. Sicherungswes. S 26. — [2]) Schaffer, El. Masch.-Bau S 213. — [3]) Ely, ETZ S 403. — [4]) Z. Eisenbahn-Sicherungswesen S 103. — [5]) Fleischbein, ETZ S 445, 456. — [6]) Gr. Berliner Straßenbahn, Amtl. Mitt. S 16. — [7]) Königshagen, AEG Mitt. S 90. — [8]) Kemmann, Z. Kleinbahn. S 173. — [9]) Dörr, El. Kraftbetr. S 45. — [10]) Blum, Z. Ver. D. Eisenb. Verw. S 1017. — [11]) Ebenda 1917, Heft 100. — [12]) Z. Eisenb.-Sicherungswes. S 22. — [13]) Fischer, ETZ S 213. — [14]) E. Rosa u. Buston Mc Collmer, ETZ S 404. — [15]) Osborne, El. Engin. Bd 55, S 739, 778. — El. World Bd 72, S 1373. — [16]) Roudolf, Z. Eisenb.-Sicherungswes. S 69. — [17]) Roudolf, Ebenda S 38. — [18]) Eisenbahn-Zentralamt, Niederschr. d. Block- u. Stellw.-Aussch. Nr 71[45]. — [19]) Bäseler, Z. Ver. D. Eisenb. Verw. Nr 2 u. 3. — [20]) Körner, ETZ S 189. — El. World Bd 69, S 141. — [21]) Lucas, Z. Eisenb.-Sicherungswes. S 121. — [22]) Palitza, Ebenda S 53. — [23]) Koßmann, Ebenda S 49. — [24]) Ebenda S 24. — [25]) Schramm, Ebenda S 9. — [26]) Maertz, Ebenda S 1. — [27]) Jung, Ebenda S 105, 113. — [28]) Schultheiß, ETZ S 273. — [29]) Neuhold, Eisenb.-Sicherungswes. S 72. — [30]) Ebenda S 71. — [31]) Ebenda S 88. — [32]) J. B. Bell, Engineering Bd 105, S 173. — [33]) Ebenda S 172.

Schiffahrts-, Sicherheits- und Betriebssignale, Anzeige- und Meßapparate für nicht elektrische Größen.

Von Geh. Oberpostrat Prof. Dr. K. Strecker.

Schiffahrt. Die rein akustischen und Lichtsignale sind für die Seefahrt wichtig, insbesondere gleichzeitige Licht- und Schallzeichen, die am Empfangsort mit einem Zeitunterschied ankommen, der die Entfernung des Schiffes vom Signalort zu schätzen gestattet. Vollkommener sind die Unterwasser-Schallsignale, die mit Mikrophonen aufgenommen werden und die Richtung nach dem Signalort erkennen lassen; sie können mit drahtlosen el. Zeichen verbunden werden, so daß man auch die Entfernung bestimmen kann. Rein drahtlose el. Zeichen werden für wichtigere Schiffe benutzt und lassen sich auf 30 km Entfernung verwenden. Joly[1]) schlägt das drahtlose Telephon als vollkommenstes Hilfsmittel vor.

A. Molly[2]) gibt eine Übersicht der vorgeschlagenen und in Gebrauch befindlichen Sicherheitsvorrichtungen gegen Einbruch und Diebstahl.

Temperaturmessung. Das neue Pyrometer von Hirschson[3]) benutzt die Wärmestrahlung des Körpers, dessen Temperatur gemessen werden soll; es wird also nicht in den Ofen eingeführt, vielmehr braucht dieser nur eine kleine Öffnung zu haben, die der Strahlung den Austritt und die Einwirkung auf das Pyrometer gestattet. Dieses benutzt die bekannte Einrichtung des Rubensschen Bolometers, einer Wheatstoneschen Brückenanordnung aus Drähten von hohem Temperaturkoeffizienten, von denen zwei der Strahlung ausgesetzt, die beiden anderen dagegen geschützt werden. Die Drähte befinden sich am offenen Ende eines Rohres. Ihre Entfernung von der Strahlungsquelle ist belanglos, so lange die strahlende Fläche groß ist. Die Höhe der zu messenden Temperatur ist unbegrenzt. Die Öffnung im Ofen braucht nur etwa 20 mm Durchmesser zu haben, wenn man das Meßrohr unmittelbar beim Ofen aufstellen kann; bei größerem Abstand muß sie etwa den 10. bis 20. Teil des Abstandes betragen. Darf man keine Öffnung im Ofen anbringen, so genügt auch ein mit seinem geschlossenen Ende in den Ofen ragendes feuerfestes Rohr, auf dessen Boden das Pyrometer gerichtet wird. Das Pyrometer mißt die „schwarze" Temperatur, gibt also bei den meisten Öfen die herrschende Temperatur richtig an. Außerhalb eines Ofens wird die Temperatur nicht mehr richtig gemessen; das Pyrometer kann dann noch zur Kontrolle unter gleichbleibenden Umständen dienen.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt[4]) hat neuere Thermoelemente untersucht und einige Richtlinien festgestellt: Thermoelemente mit Eisen sind nur bis 800°, solche mit einem dünnen freien Nickeldraht nur bis 1100° brauchbar

Elemente mit 3 mm starkem Nickel- und Nickelchromdraht dürfen bis 1200° benutzt werden, solche aus Kohle und einem Nickeldraht, der zentrisch durch ein Kohlenrohr geführt ist, können dauernd bis 1200°, für kürzere Zeit bis 1750° gebraucht werden.

Nach R. P. Brown[5]) ist für Temperaturen bis etwa 425° C das Stickstoffthermometer am besten geeignet. Für höhere Temperaturen verwendet man in den Vereinigten Staaten Thermoelemente, und zwar Chromnickel (10% Cr, 90% Ni) und Aluminiumnickel (2% Al, 98% Ni) bis 1100°, Platinrhodium-Platin bis 1500°. Ein Kontrollthermometer stellt Brown dadurch her, daß er das Thermoelement auf einen Strommesser wirken läßt, dessen Zeiger alle 10 Minuten von einem kleinen Motor oder einem Uhrwerk niedergedrückt wird; dabei bringt er von mehreren Paaren el. Kontaktstücke, über denen der Zeiger spielt, das seiner Stellung entsprechende zum Schluß; dieser Stromschluß kann zu einer optischen oder akustischen Zeichengabe benutzt werden.

A. Mahlke[6]) berichtet über den gegenwärtigen Stand der Pyrometrie in einem längeren Aufsatz; er gibt die physikalischen Grundlagen und beschreibt die wichtigsten der jetzt gebräuchlichen Einrichtungen.

Bei einer Untersuchung über die Temperaturverteilung in Schienen während der Abkühlung bedurfte Woodward und Harrison[7]) eines Thermoelements, das in 10 cm tiefen und 6 mm weiten Bohrungen bei 1000° C in oxydierender Atmosphäre ohne Schutz durch eine Porzellanhülse in seinen Angaben zuverlässig blieb. Nichrom und Konstantan erfüllte diese Bedingungen; die Drähte wurden mit Asbest umgeben, der mit Kaolin und Wasserglas bedeckt wurde. Die EMK war bemerkenswert hoch (für 1000° 64 mV), die Kurve wich wenig von der Geraden ab.

Das Charing Cross Hospital in London hat eine Einrichtung zur zentralen Temperaturmessung[8]), welche aus Widerstandsthermometern in den einzelnen Zimmern und einer Wheatstoneschen Brückenanordnung nebst Stöpselbrett zur Einschaltung eines beliebigen Thermometers an zentraler Stelle besteht.

Elektrische Uhren. Rad mit magnetischem Eingriff nennt Sève[9]) ein Rad, dessen Umfang $2n$ gleiche magnetische Pole trägt, welche gleichen Abstand haben und abwechselnd N und S sind. Man erhält ein solches Rad, indem man auf einer unmagnetischen Scheibe n Magnetstäbe nach den Seiten eines regelmäßigen Vielecks von $2n$ Seiten anordnet oder $2n$ Stäbe nach den Strahlen dieses Vielecks oder auch indem man die $2n$ Stäbe senkrecht zur Scheibe befestigt. Ein solches Rad hat n Zähne. Wenn von zwei wie Zahnräder zueinander stehenden Rädern von m und m' Zähnen das treibende die Geschwindigkeit ω hat, so nimmt es das andere mit der Geschwindigkeit $m\omega/m'$ mit. Man kann auf diese Weise einen Antrieb von äußerst geringer Reibung erhalten. Sève hat eine Uhr mit solchem magnetischen Getriebe gebaut, die schon mehrere Monate lang regelmäßig ging.

Zur Regelung oder Richtigstellung von Uhren will Trichard[10]) das Verteilungsnetz einer Zentrale verwenden, indem er zu bestimmten Zeiten von der Zentrale aus mit Hilfe einer Zusatzmaschine Züge von Stromstößen oder Wellen aussendet, welche die regelmäßige Spannung nur unbedeutend ändern. Um die Rückwirkung auf die Maschinenanlage zu vermeiden, kann man die Wellenzüge in die einzelnen Hauptleitungen nacheinander oder gleichzeitig so vornehmen, daß in der Hälfte der Leitungen die Spannung erhöht, in der andern Hälfte erniedrigt wird. Als Empfänger dient ein Paar Spannungsmesser, deren Zeiger einander berühren und den Stromkreis eines Elektromagnets schließen können. Der eine Zeiger hat an Eigenfrequenz die Frequenz der Wellenzüge und erreicht durch Resonanz große Ausschläge, so daß er den Kontakt schließen kann. Der Elektromagnet kann zum Stellen einer Uhr oder zum Umschalten eines Tarifzählers benutzt werden.

Die durch Abschaffung des Doppeltarifs frei werdenden Umschalteuhren lassen sich nach Paul[11]) zu Treppenhaus-Kontaktuhren umbauen; man ver-

wendet die Uhren mit el. Aufzug. Paul beschreibt einige hiernach umgebaute Uhren.

Fernmeß- und Anzeigeapparate. Um den Gasdruck in einem Großgleichrichter laufend zu messen, benutzt Tschudy[12]) den Vorschlag von Pirani, den Wärmeverlust eines erhitzten Drahtes in dem Gas von zu messendem Drucke zu bestimmen. Er verwendet eine Wheatstonesche Brücke mit Stöpselwiderständen und Galvanometer. Bei einer bestimmten Stöpselung geben die Ausschläge des Galvanometers nach Eichung mit einem Mc Leodschen Vakuummesser den Druck an. Steht der Zeiger des Galvanometers am Ende der Skala, so wird durch Stöpselung eines anderen Widerstandes der Zeiger wieder auf den Anfang der Skala eingestellt; dann kann man von neuem die Skala benutzen. Das Verfahren läßt sich beliebig fortsetzen.

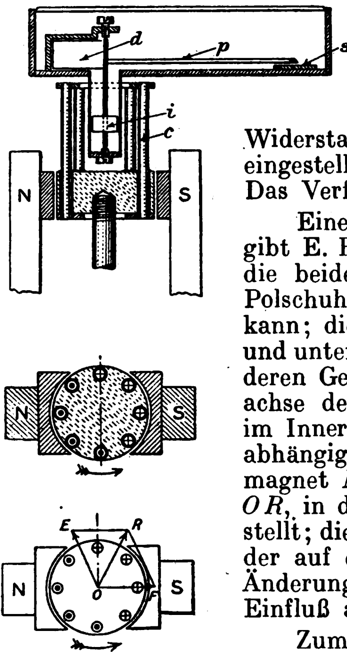


Abb. 11 bis 13. Geschwindigkeitszeiger.

Einen neuen Geschwindigkeitszeiger auf el. Grundlage gibt E. B. Brown[13]) an. In Abb. 11 bis 13 sind N und S die beiden Pole eines Hufeisenmagnets, zwischen dessen Polschuhen ein Eisenkörper mit Käfiganker gedreht werden kann; die Käfigstäbe c sind im Eisenkörper isoliert, oben und unten durch Ringscheiben kurzgeschlossen. Die Achse, deren Geschwindigkeit zu messen ist, wird mit der Drehachse des Käfigs verbunden. Bei der Drehung entsteht im Innern des Käfigs aus dessen von der Geschwindigkeit abhängigem Querfeld OE (Abb. 13) und dem vom Stahlmagnet NS herrührenden Feld OF ein resultierendes Feld OR, in dessen Richtung sich ein kleines Eisenblech i einstellt; die Achse, an der i befestigt ist, trägt den Zeiger p, der auf der Skala s die Geschwindigkeit anzeigt. Mäßige Änderungen in der Stärke des Magnets NS haben keinen Einfluß auf die Angaben des Apparats.

Zum Aufsuchen von Geschossen und Geschoßlöchern im Erdboden empfiehlt de Nerville[14]) eine Art Hughesscher Induktionswage, welche aus zwei gleichen Spulenpaaren besteht, die an den unteren Enden eines A-förmigen Gestells wagrecht befestigt sind und über den Erdboden hin bewegt werden. Die beiden primären Spulen werden von demselben Wechselstrom durchflossen; die beiden sekundären Spulen sind gegeneinander und mit einem Telephon in Reihe geschaltet; das Telephon bleibt stumm, wenn die beiden Spulenpaare fern von allen Metallen bleiben; kommt aber das eine Paar in die Nähe eines großen Metallstücks, so ertönt das Telephon.

Die Bromell Patents Co.[15]) baut einen Apparat zur Anzeige von Salzen im Kesselspeisewasser, der auf der Messung des el. Leitvermögens des Wassers beruht. Einer Glühlampe ist der Widerstand einer Elektrolytzelle vorgeschaltet, durch welche das zu prüfende Wasser fließt; ist es rein, so ist sein Widerstand groß, und die Lampe glüht nicht; ist es unrein, so leuchtet die Lampe mehr oder weniger auf. Ein Spannungsmesser gestattet genauere Beurteilung, auch kann ein Warnapparat angeschaltet werden.

In einer Fabrik in San Francisco wird eine Überwachungsvorrichtung benutzt, welche gestattet, jeden einzelnen von 53 Elektromotoren verschiedener Größe in seiner Arbeit zu überwachen[16]). Ein Registrierapparat, dessen Papier in der Stunde um 12,5 cm oder 60 · 12,5 cm vorrückt, schreibt den Stromverbrauch des Motors, auf den er vom überwachenden Beamten unbemerkt geschaltet wird, auf und läßt sowohl den Verlauf der Arbeit im ganzen, wie auch die Geschicklichkeit des einzelnen Arbeiters erkennen.

Elektrische Kontakte. H. v. Fleischbein[17]) bespricht die Gründe für das Versagen der Relaiskontakte und Mittel zur Abhilfe. Die wichtigsten dieser Mittel sind Funkenlöschung durch nebengeschalteten Kondensator und Widerstand und reibende Bewegung der Kontaktstücke bei der Berührung. Der untere Kontakt soll immer eine Spitze sein. Als Kontaktmetall hat sich vorzüglich Wolfram bewährt, das selbst vor dem Platin einige Vorzüge bietet; auch bei starken Funken war keine Veränderung der Kontakte zu bemerken. Die Wolframkontakte werden auf die Kontaktfedern el. aufgeschweißt.

[1]) J. Joly, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 415. — Engineering Bd 105, S 535. — [2]) A. Molly, Helios Fachz. S 345. — [3]) F. Hirschson, Z. Ver. D. Ing. S 552. — [4]) Z. Instrk. S 97. — [5]) R. P. Brown, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 228, 262. — [6]) A. Mahlke, Stahl u. Eisen S 1033, 1057, 1080. — [7]) T. R. Harrison u. R. W. Woodward, El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 127. — [8]) El. Rev. (Ldn.) Bd 81, S 440. — [9]) P. Sève, Rev. Gén. El. Bd 4, S 852 (nach C. R. Bd 167, S 681). — [10]) P. Trichard, Rev. Gén. El. Bd 3, S 725. — [11]) Paul, Mitt. Ver. EW S 78, 104. — [12]) Wm. Tschudy, ETZ S2 35. — [13]) E. B. Brown, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 117. — [14]) de Nerville, El. World Bd 70, S 1156 (nach Génie civil 10. Nov. 17). — [15]) Bromell Patents Co., El. Rev. (Ldn.) Bd 82, S 608. — [16]) El. World Bd 72, S 588. — [17]) H. v. Fleischbein, ETZ S 445.

D. Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen.

XIII. Elektrische Meßkunde.

Einheiten, Normalmaße. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe. — Elektrische Meßinstrumente für Strom, Spannung, Leistung, Phase und Frequenz. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe. — Messung des Verbrauchs. Elektrizitätszähler. Von Dr.-Ing. J. A. Möllinger, Nürnberg. — Elektrische Messungen und Meßverfahren, Hilfsmittel für Messungen. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe.

Einheiten, Normalmaße.

Von Prof. Dr. Herbert Hausrath.

Von **Lehrbüchern** erschien: Barbillon, Jalland und Lafont, Elektrische Messungen I[1]), enthaltend Einheiten, Messung von Widerstand, Stromstärke, Spannung, Leistung und Temperatur.

Normalmaße. Eine Neubestimmung der kalorischen Größen für das Westonelement durch Cohen und Heldermann[2]) gab gute Übereinstimmung des Wertes für die totale chemische Energie des Elements (47453 cal bei 18°) mit dem nach den empirischen Temperaturformeln von Jaeger und Wachsmuth (47427) und Wolff (47446) berechneten.

Gebrauchsnormale. Als Gebrauchsnormale für Spannungen oder Ströme, insbesondere für Wechselstrom, werden verschiedene Vorrichtungen vorgeschlagen. Die Vorrichtung von Allcutt[3]) stellt, soweit aus dem Referat ersichtlich, eine Ausbildung der Howellschen Brücke dar (JB 1912, S 182), d. h. einer Wheatstoneschen Brücke mit Zweigen von verschiedenen Temperaturkoeffizienten, die nur bei bestimmter Stromstärke Brückengleichgewicht ergeben.

Hoxie[4]) entwickelt ein Spannungsnormal mittels eines Thermoelements auf folgender Grundlage. Ein Stromkreis enthält einen abgeglichenen Widerstand in Reihe mit einem aus Wolframdraht gebildeten Heizkörper für das Thermoelement. Letzteres ist in Reihe mit einem Galvanometer vom Widerstand abgezweigt. Für eine bestimmte Heizstromstärke wird dann die Thermokraft durch die Spannung am Widerstand kompensiert. Von einem temperaturkoeffizientfreien Widerstand im Stromkreis wird dann die Normalspannung entnommen. Die Spannung ist unabhängig von der Außentemperatur im Bereich von unter 0° bis über 100° bei einer Genauigkeit von 0,5°/₀₀, die sich bis jetzt während zweier Jahre erhielt.

Elektrische Meßinstrumente für Strom, Spannung, Leistung, Phase und Frequenz.

Von Prof. Dr. Herbert Hausrath.

Erhöhung der Anfangsempfindlichkeit. Die kleine Anfangsempfindlichkeit, ein bisher als unvermeidlich angesehener Übelstand der Wechselstrominstru-

mente, wird durch eine der S & H A.-G. geschützte, von Keinath[5]) mitgeteilte glückliche Maßnahme behoben. Der übliche Vorschaltwiderstand wird durch eine gasgefüllte Wolframdrahtlampe ersetzt. Bei dieser beträgt der Anfangswiderstand etwa den 12. Teil des Widerstandes bei Höchstbelastung. Entsprechend wird der Ausschlag eines mit ihr in Reihe geschalteten Voltmetersystems von genügend kleinem Widerstand relativ vergrößert. Ein als Nullvoltmeter für Synchronisierung in Dunkelschaltung bestimmtes Instrument ergibt z. B. 1,2 Winkelgrad-Ausschlag bei 1% der Höchstspannung. Vakuumlampen ergeben eine ungünstigere Skala, während Eisenwiderstände ganz ungeeignet sind wegen der bekannten Wirkung, in gewissem Bereich die Stromstärke nahezu konstant zu erhalten.

Phasenverschiebung in Wechselstromsystemen. Zu ihrem Studium benutzt Fricke[6]) einfache Resonanzinstrumente, deren Magnet von einer Hausklingel entnommen und deren Oszillator aus einer mit Spiegelchen versehenen Uhrstahlfeder gebildet ist. Die Deutung der vom Lichtzeiger über die beiden gekreuzten Systeme entworfenen Lissayousschen Figuren und die Ermittelung des Phasensinns wird eingehend erläutert und Hilfsmittel werden angegeben, um die mannigfachen beschriebenen Vorführungsversuche auszuführen.

Bei neuen **Registrierinstrumenten** der Firma Guggenheimer[7]) wird eine geradlinige Schreibfederführung dadurch ermöglicht, daß diese an einer Stahlstange mittels Schnurlaufräder von zwei beiderseits angebrachten Meßsystemen hin und her geschoben wird.

Oszillographen. Ein Oszillographenapparat mit außerordentlich einfacher Betätigungsweise wurde von Heintze[8]) angegeben. Ein Schalter bewirkt in der 1. Lage: Einschaltung einer Metallfadenlampe, der Meßschleife und des Elektromagnets, wobei ein Drehspiegel das Kurvenbild auf eine Mattscheibe wirft; in der 2. Lage: Senkung des Spiegels für photographische Aufnahme und Einschaltung eines Auslösemagnets für photographische Fallkassette. Durch die fallende Kassette wird ein Vorschaltwiderstand der Lampe kurzgeschlossen, so daß sie für die Zeit der Aufnahme überlastet ist, ferner wird durch sie die Meßschleife nur so lange eingeschaltet, daß sie zu Anfang und Ende der Platte die Nullinie andeutet.

Zickendraht[9]) beschreibt einen einfachen Oszillographen für Demonstrationszwecke, der von Klingelfuß in Basel bezogen werden kann. Die Eigenschwingungsdauer beträgt 0,001 s, die maximale Schleifenstromstärke 0,5 A.

Ein vom gleichen Verfasser[10]) angegebener Oszillograph besitzt, wie schon bekannt, eine Drahtschleife, deren Länge veränderbar ist. Hierdurch können zum Zweck der Kurvenanalyse die Harmonischen bis zur 30. hervorgehoben werden.

Von Samson[11]) wurde die in Abb. 14 dargestellte Braunsche Röhre mit höchstmöglichem Vakuum und Glühkathode ausgearbeitet und erprobt. Die

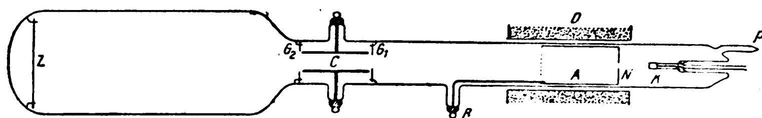


Abb. 14. Braunsche Röhre mit Glühkathode.

an K angebrachte Wolframspirale steht um 5 cm hinter der durchbohrten Nickelplatte N, die am Anodenzylinder A angebracht ist. Darüber ist die Striktionsspule D geschoben. Die Ablenkungsplatten C erwiesen sich durch die Glimmerscheiben G_1 und G_2 als nicht genügend vor abirrenden Elektronen geschützt, jedoch konnten die Störungen durch Nebenschaltung eines sehr hohen Widerstands beseitigt werden. Die Härte der Röhre und hiermit Leuchtkraft und Empfindlichkeit waren genau regelbar und reproduzierbar, die Helligkeit und Schärfe des Leuchtflecks aber geringer als bei Röhren gewöhnlicher

Konstruktion, jedoch ausreichend, z. B. zur Aufnahme von Spannungs- und Stromkurven an Röntgenröhren mittels fallender photographischer Platte.

Hochheim[12]) gibt praktische Anleitungen zu Demonstrationen der verschiedensten Art mit der Braunschen Röhre. Bei Beobachtungen von Vorgängen, die durch Schaltung eingeleitet werden mit rotierendem Spiegel, wird die Schaltung durch die Drehachse des Spiegels betätigt, so daß durch Überlagerung ein lichtstarkes stehendes Bild entsteht.

Punktmäßige Aufnahme. Um die Spannungskurve eines Hochfrequenzschwingungskreises aufzunehmen, wurde von Hubbard[13]) ein Kontaktapparat angegeben. Durch ein fallendes Gewicht wird zuerst ein Schalter geöffnet, durch den die Selbstinduktionsspule des Kreises von einer Stromquelle abgeschaltet wird. Nach einer einstellbaren Zeit wird hierauf mittels eines zweiten Hebels Kontakt für ein Elektrometer über einen dritten Hebel in bekannter Weise momentan durchgeschlagen. Die Genauigkeit des Apparats wird dadurch belegt, daß sich aus der mit ihm ermittelten Schwingungsdauer und der aus den Dimensionen berechneten Induktivität und Kapazität des Kreises die Zahl v auf $0{,}5^0/_{00}$ genau ergab.

Kurvenanalyse. Die unmittelbare Messung der Harmonischen von Wechselstromkurven nach ihrer Amplitude, wenn auch nicht ihrer Phase, ermöglicht ein von A. Roth[14]) angegebenes Instrument. Wird eine feste Spule eines Dynamometers in einen induktionsfreien Kreis, eine zweite entgegengeschaltete feste Spule und die bewegliche Spule in einen Resonanzkreis für die m-te Harmonische gelegt, so ist die Wirkung auf letztere gleich der des Differenzstroms der festen Spulenkreise. Da für jede beliebige Frequenz die Phasenverschiebung zwischen diesem Strom und dem der beweglichen Spule bei Parallelschalten aller Kreise 90^0 beträgt, tritt bei rechter Bemessung für keine Frequenz, auch nicht die Eigenfrequenz der Resonanzkreise ein Drehmoment auf. Wird aber der Resonanzkreis vor der festen Spulenhälfte durch zwei von der Frequenz der betreffenden Harmonischen nach oben und unten etwas abweichende Kondensatorkreise ersetzt, so tritt eine analoge Erscheinung auf wie bei der Resonanzkurve eines gekoppelten Systems mit Partialschwingungen. Die Stromstärke in der angeschlossenen Spule fällt für die betreffende Harmonische auf einen Bruchteil der Resonanzstromstärke des einfachen Kreises. Für andere Harmonische verhält sich dieser Doppelkreis jedoch wie der einfache, der Differenzstrom erzeugt also kein Drehmoment. Die praktische Verwertung dieses einfachen Prinzips schuf viele schwierige Probleme, die in ungemein sorgfältiger theoretischer und experimenteller Arbeit überwunden wurden. Das im Anschluß an Stromwandler auch für Stromanalyse verwendbare Instrument gibt für Oberwellen, die 1 bis 1,5% der Grundwelle übersteigen, eine Meßgenauigkeit von ⅓ bis ¼ des Eigenwerts. Mit wachsender Amplitude der Oberwelle nimmt die Genauigkeit jedoch sehr schnell zu und erreicht bald die normale Genauigkeit von technischen Meßinstrumenten mit Fadenaufhängung. Ein Versuchsinstrument wurde unter Benutzung der Konstruktionselemente der Eisenschluß-Wattmeter von S & H hergestellt.

Zipperer[15]) verwendet zur Ausrechnung der Koeffizienten bei der harmonischen Analyse periodischer Kurven eine Tafel, in der die abgemessenen Ordinaten neben die Ordnungszahlen der verwendeten Abszissenabschnitte und unter die Werte der sin- und cos-Glieder, mit denen sie unter dem Summenausdruck der Koeffizienten zu multiplizieren sind, eingetragen werden. Auf diese Tafel zu legende Tafeln aus durchsichtigem Papier rahmen die für jeden Koeffizienten zu summierenden Glieder ein. Ein Vergleich mit dem bekannten Berechnungsschema zeigt jedoch, daß das empfohlene Verfahren eine viel größere Zahl von Rechenoperationen erfordert.

Lyon[16]) zeigt, daß die Harmonischen im Leerlaufstrom eines Transformators angenähert aus der Hystereseschleife zu ermitteln sind, wenn man sich auf die ersten vier Harmonischen, also bis zur 7. beschränkt. Es genügt dann, für acht passend ausgewählte Zeiten innerhalb einer halben Periode der Grund-

harmonischen die zum zugehörigen Momentanwert der Induktion gehörige Feldstärke aus der Hystereseschleife zu entnehmen, wodurch die acht Koeffizienten in der Fourierschen Reihenzerlegung der Feldstärke bestimmt werden. Für nicht sinusförmige Spannungen fallen die so bestimmten Koeffizienten weniger genau aus als für sinusförmige.

Galvanometer. Bäckström[17]) beschreibt ein leicht herstellbares Differentialgalvanometer und untersucht die an diesem beobachteten, durch magnetische Verunreinigung der Drehspule verursachten Störungen bei verschiedenen Formen der Polschuhe. Bei konkaven Polschuhen ergibt sich ein labiler Zustand, der zur Empfindlichkeitssteigerung verwendet werden könnte, wenn dem nicht die Abhängigkeit des Effekts von der Größe, Dauer und Dämpfung des Ausschlags, sowie eine Ausschlagshysterese entgegenstünde.

Das Vibrationsgalvanometer von Schering und Schmidt mit elektromagnetischer Resonanzeinstellung (JB 1917, S 150) wurde in bezug auf magnetischen Schutz und Wicklung der Wechselstromspulen weiter verbessert. Die große Erleichterung, welche die elektromagnetische Abstimmung bietet, gab Schering[18]) Veranlassung, ein derartiges Instrument auch für höhere Frequenzen, zunächst für 70 bis 420 Per/s, auszubilden. Die Nadel, ein Eisenblättchen von 3 · 4 · 0,05 mm, ist mit dem Spiegelchen auf einen Phosphorbronzedraht von 0,02 mm Stärke aufgeklebt. Die Polschuhe des Gleichstrommagnets, der die Nadel magnetisiert und richtet, werden aus Schneiden mit 5 mm Abstand gebildet, die des Wechselstrommagnets stehen senkrecht dazu mit 2,5 mm Polabstand.

Wertheim-Salomonson[19]) berechnet die Empfindlichkeit eines Saitengalvanometers aus den Konstanten des Fadens unter praktisch auftretenden Verhältnissen. Es ergibt sich die größte Empfindlichkeit für Strom und Spannung für verschiedenes Fadenmaterial, wobei sich Aluminium als günstigstes Material für hohe Spannungsempfindlichkeit erweist.

Ein **Elektroskop**, das für Projektion geeignet ist und mittlere Empfindlichkeit besitzt, erhält Haga[20]) aus einem solchen Braunscher Art mit einer aus Aluminiumfolie geschnittenen Nadel, die an einem Silberbändchen von 27 mm · 0,17 mm · 7 μ festgeklebt ist.

Thermische Instrumente. Williams[21]) sucht den ponderomotorischen Effekt eines erhitzten Leiters auf ein benachbartes bewegliches System für einen Hochfrequenz-Strommesser auszunutzen. Eine nach Art eines Dämpferflügels an einem hochempfindlichen Spiegelsystem aufgehängte feine Glimmerscheibe wird unterhalb eines gewissen Gasdrucks von dem Heizband abgestoßen, darüber angezogen. Das Maximum der Anziehung und Abstoßung hängt von der Stromstärke ab. Letzteres trat z. B. bei 0,015 mm Druck mit etwa sechsfachem Betrag gegenüber dem bei Atmosphärendruck ein. Ähnlich verhält sich ein Seiden- oder Quarzfaden, der wie ein Elektrometerblatt gegenüber dem Heizkörper hängt.

Schering[22]) entwickelt ein Diagramm des Stromwandlers, aus dem die Übersetzungs- und Winkelfehler unmittelbar abzulesen sind. Es ist ausschließlich aus Größen der Sekundärseite aufgestellt, wobei das Übersetzungsverhältnis nicht vorkommt und gilt dementsprechend für jeden Stromwandler beliebiger primärer Nennstromstärke der betreffenden Form. Die zugrundegelegte Annahme, daß der Magnetisierungsstrom durch den Leerlaufstrom ersetzt werden kann, wird durch experimentelle Nachprüfung gerechtfertigt. Die Ablesung kann durch Anwendung einer Schablone vereinfacht werden. Aus dem Diagramm kann auch in einfacher Weise die Wirkung vorzunehmender Änderungen, z. B. des Ersatzes von Kupfer durch Aluminium im voraus zuverlässig berechnet werden.

[1]) L. Barbillon, L. Jalland u. A. Lafont, Mesures électriques I, Paris. — [2]) E. Cohen u. W. D. Heldermann, Z. phys. Chem. Bd 89, S 287. — [3]) Ch. T. Allcutt, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 684. — El. World Bd 71, S 412. — [4]) C. A. Hoxie, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 519. — El. World Bd 71, S 412. — [5]) Gg. Keinath, ETZ

S 455. — [6]) Fr. Fricke, Z. f. phys. u. chem. Unt. Bd 30, S 69. — [7]) K. Trott, Heios Fachz. S 197. — [8]) C. Heintze, ETZ S 278. — Z. f. Feinmechanik S 57. — [9]) H. Zickendraht, Verh. naturforsch. Ges. Basel Bd 28, S 255, 1917. — [10]) H. Zickendraht, Arch. de Genève Bd 44, S 655. — [11]) Kurt Samson, Ann. d. Phys. R 4, Bd 55, S 608. — [12]) Fr. Hochheim, Z. f. phys. u. chem. Unt. Bd 30, S 57. — [13]) Hubbard, Phys. Rev. R 2, Bd 9, S 529. — Rev. Gén. El. Bd 3, S 128. — [14]) A. Roth, Arch. El. Bd 6, S 359, 388. — ETZ S 290. — [15]) L. Zipperer, Dingl. Pol. Jl. Bd 333, S 201. — [16]) W. V. Lyon, El. World Bd 70, S 949. — [17]) H. Bäckström, Z. Instrk. S 173. — [18]) Z. Instrk. S 84. — ETZ S 410. — [19]) J. K. A. Wertheim-Salomonson, Versl. K. Ak. v. Wet. Bd 27, S 51. — [20]) H. Haga, Phys. Z. S 275. — [21]) J. Williams, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 253. — [22]) H. Schering, Arch. El. Bd 7, S 47.

Messung des Verbrauchs. Elektrizitätszähler.

Von Dr.-Ing. J. A. Möllinger.

Messungen, Theorie, Eichvorschriften.

G. W. S. untersucht[1]) die Fehler, die bei Magnetmotorzählern und bei Quecksilbermotorzählern durch Reibung verursacht werden. Ist I der Verbrauchstrom, $\mathfrak{B}$ die Induktion des Stahlmagnets, n die Drehzahl, e, a, m Konstanten, f das hemmende Moment der Reibung, so ist für Magnetmotorzähler

$$a\,\mathfrak{B}\,I = e\,\mathfrak{B}^2\,n + f,$$

also

$$n = \frac{a\,I}{e\,\mathfrak{B}} - \frac{f}{e\,\mathfrak{B}^2}.$$

Bezeichnet man mit I_s den Strom, der den Zähler eben in Bewegung setzt, mit F die Reibung der Ruhe, so ist

$$F = a\,\mathfrak{B}\,I_s.$$

f wird konstant angenommen. Setzt man $F/f = z$, so kann man für den Fehler gegenüber dem reibungslosen Zähler schreiben

$$\varDelta = -\frac{100\,I_s}{z\,I}\,\%.$$

$\varDelta$ als Funktion von I ist eine gleichseitige Hyperbel. (In Wirklichkeit sind die Fehler bei kleinerer Belastung kleiner, da f mit n fällt.)

Für den Magnetmotorzähler wird n zu 1,25, für den Quecksilber-Motorzähler zu 3 angenommen.

Beim Quecksilbermotorzähler tritt außer der Reibung der festen Teile auch noch eine Flüssigkeitsreibung auf. Daher wird

$$\varDelta = -\frac{100\,I_s}{z\,I} - m\,I\,\%.$$

Die Fehlerkurve fällt also bei höherer Belastung wieder ab. Deshalb ist die Änderung des Fehlers und der mittlere Fehler beim Quecksilberzähler geringer. — Bei den elektrischen Öfen[2]), wie sie zur Herstellung von hochwertigem Stahl verwendet werden, ist bisweilen die Wellenform des Stromes stark verzerrt. Bei der Verwendung von Induktionszählern ist deshalb Vorsicht geboten, insbesondere wenn sie an den Sekundärkreis von Stromwandlern angeschlossen sind; denn über den Wechselstrom ist bei diesen Öfen eine starke Gleichstromkomponente übergelagert. Die Welle wird zur Nullinie unsymmetrisch, und die Stromwandler können erheblich falsch zeigen (s. auch Brion, Luftsalpeter, Sammlung Göschen, S 71). — Vogler[3]) untersucht die Frage, welche Zähler für Kleinabnehmer in Gleichstromanlagen die zweckmäßigsten sind und kommt zu folgendem Ergebnis: Elektrolytzähler haben und werden sich wohl kaum in größerem Umfang einführen. Sie geraten nämlich gelegentlich in Unordnung.

Außerdem besitzen sie folgende Nachteile: ungenaues Ablesen, Notwendigkeit des Kippens, Abhängigkeit von der Temperatur, Einfluß der Polarisation und der Erschütterungen, und endlich ist die Kontrolle sehr zeitraubend. Die Quecksilbermotorzähler sind infolge der Verwendung des gesundheitsschädlichen Quecksilbers besonders bei der Reparatur sehr unangenehm und haben sich in Deutschland sehr wenig eingeführt. Der zweckmäßigste Zähler für Kleinanlagen ist der Magnetmotorzähler, und zwar sollte er im allgemeinen als einfacher Zähler und nicht als Selbstverkäufer verwendet werden. Denn letzterer ist wesentlich teuerer sowohl in Anschaffung als auch in Unterhaltung und kommt deshalb nur bei faulen Zahlern und bei stark wechselnder Arbeiterbevölkerung in Betracht. Auch ist eine Reibungskompensation nicht nötig, wenn das Werk die Zähler genügend klein wählt. Um einerseits kleine Zähler verwenden zu können, welche anderseits durch gelegentliche Belastung mit Bügeleisen od. dgl. nicht beschädigt werden, schreibt das EW Leipzig für seine Magnetmotorzähler vor, daß sie eine Überlastung von 100% aushalten müssen.

Gewecke und v. Krukowski[4]) verwenden im Zählerlaboratorium der SSW für genaue Eichungen von Motorzählern einen Chronographen mit zwei Schreibern; jeder derselben wird durch eine Drehspule betätigt. Die Fortbewegung des Papierstreifens geschieht mit Hilfe eines Motors. Der eine Schreiber zeichnet Sekundenmarken auf, indem seine Drehspule im Stromkreis eines Sekundenpendels liegt, der andere markiert die einzelnen Umdrehungen der Zählerachse. Das letztere geschieht in der Weise, daß bei jeder Umdrehung des Zählers ein Lichtstrahl von einer Nernstlampe durch einen auf der Zählerachse befestigten Spiegel auf eine Selenzelle geworfen wird. Die Selenzelle bildet einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke, die drei übrigen sind durch feste Widerstände gebildet. In der eigentlichen Brücke liegt die Drehspule des Chronographen. Die Anordnung erlaubt, vollständig unabhängig von subjektiven Fehlern, eine Zeitmessung mit einer Genauigkeit von etwa 0,01 s auszuführen.

Einen gewöhnlichen Induktionszähler kann man auch dadurch in einen Voltquadratstundenzähler (siehe JB 1917, S 153) verwandeln, daß man die Stromspule speist durch eine um die Spannungsspule als Sekundärspule gelegte Wicklung[5]). — Speist man bei einem Induktionszähler mit zwei Stromspulen die eine auf die vorbezeichnete Art, die andere durch den Verbrauchsstrom, wickelt beide Stromspulen so, daß sie sich entgegenwirken und versieht den Zähler mit einer Rücklaufhemmung, so daß er sich nur im Sinne des Verbrauchsstromes drehen kann, so erhält man einen Spitzenzähler[6]).

Im Jahre 1917 wurden von den sieben deutschen Prüfämtern insgesamt 17096 Zähler geprüft[7]). Weitaus die Mehrzahl trifft dabei auf diejenigen Prüfämter, welche an Elektrizitätswerke angegliedert sind, während andere Prüfämter zum Teil nur ganz vereinzelte Prüfungen auszuführen hatten. — Ein Zähleraggregat, bestehend aus Meßwandler und Zähler, kann beglaubigt werden[8]): 1. wenn der Zähler einem solchen beglaubigungsfähigen System angehört, für welches die Erweiterung der Meßbereiche durch die betreffende Meßwandlerform zugelassen ist; 2. wenn die Zähler und die Meßwandler für sich je einem beglaubigungsfähigen System angehören. Dabei muß das ganze Aggregat die Beglaubigungsfehlergrenzen für Zähler bei der Prüfung einhalten. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt[9]) hat eine Zusammenstellung der bis 1917 beglaubigten Zählersysteme herausgegeben.

Konstruktionen. Amtliche Systembeschreibungen erschienen von folgenden Apparaten: Magnetmotorzähler von Körting u. Mathiesen[10]) AZ1, Stromwandler NJ11 der SSW[11]). — Das die Zählerteile tragende Gerüst, welches früher gewöhnlich aus Guß hergestellt war, wird neuerdings vielfach aus Stanzstücken zusammengesetzt. Die SSW[12]) verwenden für Wechselstromzähler ein U-förmig gebogenes Stanzstück, von dessen beiden Schenkeln der eine die Triebeisen trägt und dessen Rücken auf die Grundplatte aufgeschraubt ist. Oben und unten sind die beiden Schenkel durch wagerechte Querstücke versteift, welche den Dämpfungsmagnet, das Zählwerk und die Lager tragen.

Die „elektrolytische Zählerbüchse“[13]) soll den Zähler beim Konsumenten ersetzen, wobei das Zählerablesen und die Ausstellung einer Rechnung vermieden werden soll. Die Büchse unterbricht den Stromkreis, nachdem der Konsument eine bestimmte, beim Bezug der Büchse zu zahlende Strommenge verbraucht hat. Von dem Verbrauchsstrom fließt ein sehr kleiner Teil durch das Elektrolyt und löst dabei die Anode, welche einen Teil der metallischen Leitung des Verbrauchsstromes bildet, allmählich auf. Sobald dies vollständig geschehen ist, fließt der ganze Verbrauchsstrom durch das Elektrolyt. Dieses erwärmt sich, bringt eine Lötstelle zum Schmelzen und schaltet damit den Konsumenten ab. Die Büchse wird mittels einer Art Stecker in die Verbrauchsleitung eingeschaltet und plombiert. Es erscheint fraglich, ob die Unterbrechung stets exakt nach der theoretisch berechneten Strommenge erfolgt. Außerdem hat die Einrichtung noch den Nachteil, daß der Konsument nicht sieht, wie lange er noch Strom entnehmen kann, und daß er unerwartet abends ins Dunkle gesetzt wird.

Tarife und Tarifapparate. Die Frage der Verrechnung des phasenverschobenen Stromes wird jetzt viel erörtert. Ein Abnehmer soll seinen Strom mit möglichst kleiner Nacheilung oder noch besser mit Voreilung entnehmen; bei mehreren parallel arbeitenden Werken soll jedes Werk auch einen entsprechenden Anteil an Blindstrom liefern, was ihm durch geeignete Einstellung der Erregung möglich ist. Um beides herbeizuführen, verwendet Bußmann[14]) beim Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk (RWE) außer den Wattstundenzählern noch Sinuszähler (Blindverbrauchszähler), deren Angaben zur Bestimmung einer Vergütung oder eines Zuschlages benutzt werden. Wird Strom aus dem Netz des RWE entnommen oder an dasselbe geliefert mit $\cos\varphi = 0,7$, so wird vom RWE nur der Kilowattstundenpreis erhoben bzw. gezahlt. Es zeigt dabei der Kilowattstundenzähler ebensoviel wie der Blindverbrauchszähler ($\cos\varphi = 0,7$, $\operatorname{tg}\varphi = 1$). Wird ein Verbrauch von A kWh, ein nacheilender Blindverbrauch von A_n, ein voreilender von A_v angezeigt, so ist für die Vergütung oder den Zuschlag der Ausdruck

$$d = A_n - A_v - A$$

maßgebend, und zwar vergütet das RWE, falls $d > 0$ dem Lieferanten $0,25\,d$ Pfennige und zieht ihm, falls $d < 0$, $0,5\,d$ Pfennige ab. Anderseits hat der Abnehmer, wenn $d > 0$, an das RWE einen Zuschlag von $0,5\,d$ Pfennigen zu zahlen und erhält, wenn $d < 0$, eine Vergütung von $0,25\,d$ Pfennigen. — Ein Blindverbrauchszähler läuft bei nacheilendem Strom z. B. vorwärts, bei voreilendem rückwärts. Er zeigt also ohne Rücklaufhemmung die Differenz $A_n - A_v$ an. Baut man zwei solche ein, je mit Rücklaufhemmung, so kann man A_n und A_v getrennt messen. Bei Anlagen, die bald Strom liefern, bald beziehen, müssen zwei Blindverbrauchszähler verwendet werden, die abwechselnd, je nachdem Bezug oder Lieferung stattfindet, durch ein wattmetrisches Relais (Rückstromrelais) eingeschaltet werden.

Boucherot[15]) untersucht die Frage, ob der außer der wirklichen Arbeit A bei phasenverschobenem Strom noch in Rechnung zu stellende Betrag proportional sein soll der Blindleistung $EI\sin\varphi$ oder der Scheinleistung EI. Im ersten Fall bekommt man für den Preis der Kilowattstunde den Wert $a_1 + b_2 \operatorname{tg}\varphi$, im zweiten $a_2 + c_2/\cos\varphi$. Er kommt zur Ansicht, daß das erstere richtig sei; denn im zweiten Falle steigt der Preis der Kilowattstunde zu langsam mit $\cos\varphi$, und außerdem ist er unabhängig vom Vorzeichen der Verschiebung. Der Abnehmer muß also denselben Zuschlag bezahlen, gleichgültig, ob er kapazitativ oder induktiv belastet. Alsdann geht Boucherot die einzelnen Teile der Anlage vom Konsumenten bis zum Generator durch und untersucht, welchen Einfluß $\cos\varphi$ auf die Verluste und die finanziellen Lasten ausübt und kommt dabei zu demselben Resultat wie durch die obige allgemeine Betrachtung, nämlich daß das zuzusetzende Glied proportional dem Blindverbrauch sein muß. Zur Messung der Arbeit A einschließlich eines zusätzlichen Gliedes, das $\sin\varphi$

proportional ist, schlägt Boucherot, was schon im Jahre 1899 von Benischke geschah, einen dynamometrischen Zähler vor, dessen Spannungsstrom durch Vorschalten einer Selbstinduktion um α^0 rückverschoben ist, wobei bekanntlich, falls der Ausdruck $aEI \cos\varphi + bEI \sin\varphi$ registriert werden soll, $\operatorname{tg}\alpha = b/a$ zu wählen ist. Boucherot weist darauf hin, daß bei einer bestimmten kapazitativen Belastung ($\varphi = \alpha - 90$) der Zähler stehen bleibt und bei noch größerer Verschiebung rückwärts läuft. Doch hält er dies nicht für bedenklich; denn es sei wohl möglich, daß der Verbrauch des Konsumenten durch die Verbesserung, die er im Leistungsfaktor des Netzes herbeiführt, finanziell ausgeglichen wird. — Illiovici[16]) weist im Anschluß an die Boucherotsche Arbeit darauf hin, daß man bei dem Induktionszähler zu dem Zwecke den Spannungsfluß um $90 + \alpha^0$ verschieben muß, und verwendet dazu dasselbe Mittel wie Isaria (JB 1916, S. 172) oder eine verstärkte Kurzschlußspule. Solche Zähler haben einen erhöhten Effektverbrauch im Spannungskreis, z. B. bei $\alpha = 60^0$ den dreifachen des normalen Zählers (s. auch Landis u. Gyr, Helios 1917, S 435). Ferner macht Illiovici darauf aufmerksam, daß der Arnosche Zähler tatsächlich gemäß der Formel $aEI \cos\varphi + bI \sin\varphi$ registriert, daß jedoch die Konstanten von Arno so gewählt sind, daß sich dieser Wert von dem Wert $\frac{2}{3} EI \cos\varphi + \frac{1}{3} EI$ in einem begrenzten Bereich von φ nur wenig unterscheidet.

Bourguignon[17]) schlägt bei gleichbelasteten Zweigen statt eines Drehstromzählers mit zwei messenden Systemen zwei getrennte Zähler vor (Angaben a_1 und a_2) und benutzt zur Ermittelung des Mittelwertes von $\cos\varphi$ die Beziehung

$$tg\,\varphi = \sqrt{3}\,\frac{a_1 - a_2}{a_1 + a_2}$$

oder zur Berechnung des Blindverbrauches die Formel

$$\int 3\,EI \sin\varphi \,\mathrm{d}t = \sqrt{3} \cdot (a_1 - a_2)$$

(E Sternspannung).

Maximumzeiger der üblichen (JB 1917, S 154) Konstruktion machen bekanntlich bei kurzen Belastungsstößen keine eindeutigen Angaben. Hierin sieht P. M. Lincoln[18]) einen Nachteil. Er ist ferner der Meinung, daß bei kurzdauernden Belastungsstößen die Angaben der üblichen Maximumzeiger kein Maß bilden für die durch die ersteren in der Anlage hervorgebrachte Erwärmung und daher für die entsprechenden Bereitstellungskosten. Lincoln hat deshalb für diesen Zweck ein thermisches Wattmeter mit Wärmeaufspeicherung angegeben, welches von diesen Nachteilen frei sein soll. Dieses Wattmeter schiebt den Maximumzeiger vor sich her. Das Prinzip ist folgendes: Durch eine eigenartige Schaltung wird erreicht, daß — wie bei dem Bauchschen Hitzdrahtwattmeter (ETZ 1903, S 530) — von zwei gleichen Widerständen der eine von einem Strom $e + {}^1/_2\, i$, der andere von $e - {}^1/_2\, i$ durchflossen wird, also darin eine $(e + {}^1/_2\, i)^2$ bzw. $(e - {}^1/_2\, i)^2$ proportionale Wärmemenge erzeugt wird (e, i Momentanwerte der Betriebsspannung bzw. des Belastungsstromes in der Anlage). Die Wärme der beiden Widerstände wird unter Zwischenschaltung je eines aufspeichernden Gehäuses je einer bimetallischen Spirale zugeführt. Beide Spiralen sind mit ihren äußeren Enden am Gestell, mit ihren inneren an der Zeigerachse befestigt. Bei Erwärmung suchen sich die Spiralen aufzuwinden und die Achse zu drehen. Da sie aber entgegengesetzt gewickelt sind, erfährt letztere eine Drehung, welche von der Differenz der Wärmemenge der Spiralen, also von $(e + {}^1/_2\, i)^2 - (e - {}^1/_2\, i)^2 = 2\,e\,i$, d. h. der Effektaufnahme $EI \cos\varphi$ der Anlage abhängig ist. Bleibt die Belastung der Anlage längere Zeit konstant, so zeigt das Gerät wie jedes Wattmeter die Leistung an. Schwankt die Belastung, so soll es nahezu einen „logarithmischen Mittelwert" anzeigen und letzterer soll gerade die Größe sein, von der die Bereitstellungskosten abhängen. Das Gerät scheint ähnlich zu wirken wie der Wrightsche Maximum-

zeiger (ETZ 1901, S 49). Die Zeigerstellung bzw. das Luftvolumen in einem bestimmten Zeitmoment ist nicht abhängig von der Belastung in diesem Moment, sondern theoretisch von allen vorausgegangenen Belastungen, wobei jedoch zeitlich weiter zurückliegende weniger eingehen. Unterschiedlich ist, daß das Lincolnsche Gerät von $EI \cos \varphi$, das Wrightsche von I^2 beeinflußt wird. Bemerkt sei, daß der von Lincoln erwähnte Nachteil der üblichen Maximumzeiger bei den meisten Fällen wohl nicht von Belang ist und anderseits die Ausführung einer für die Praxis brauchbaren Konstruktion nach Lincoln schwierig sein dürfte. Das Lincolnsche Gerät hat außerdem den Nachteil, daß die von ihm angezeigte Größe sich nur schwer definieren läßt und daher dem Abnehmer unverständlich sein wird.

Als Vergütungszähler hat man bis jetzt fast ausschließlich Zeitzähler verwendet. Diese hatten zwei Nachteile: Erstens mußten sie aufgezogen werden und zweitens waren sie nur für eine einzige Leistung geeignet. Vergaß der Abnehmer das Aufziehen, so bekam er überhaupt keine Vergütung, schloß er einen Stromverbraucher mit größerer Leistung an als die, für den der Zeitzähler bestimmt war, so bezahlte er den Kraftverbrauch zu teuer. Die SSW[19]) haben daher ihren kleinen Wechselstromwattstundenzähler als Vergütungszähler W5h ausgebildet (Füßchen zum Aufstellen, Steckeranschlüsse, stark wirkende Hemmfahne). Um den Konsumenten abzuhalten, allzugroße Ströme zum Kraftstrompreis herauszunehmen, kann der Vergütungszähler mit einer bei starken Strömen wirkenden Sperrung versehen werden, so daß solche zum Lichtstrompreis bezahlt werden müssen. Ein Zähler mit stark wirkender Hemmfahne kann auch zweckmäßig in Pauschalanlagen an Stelle des Strombegrenzers verwendet werden. Die Hemmfahne wird so eingestellt, daß der Zähler bei Überschreitung der pauschalierten Leistung anläuft, dann aber die ganze Leistung zählt.

Um die Abnehmer zu veranlassen, ihre Leistungswandler abzuschalten, wenn kein Strom verbraucht wird, schaltet man Apparate (Induktionszeitzähler[20]) oder gewöhnliche Zeitzähler[21]) mit Relais) ein, die die Zeit messen, während deren der im sekundären Kreis befindliche Schalter, über den der Verbraucher z. B. Motor angeschlossen wird, geöffnet ist. Diese Apparate besitzen zwei gleiche einander entgegenwirkende Spannungswicklungen, deren eine vor, deren andere hinter diesem Schalter angeschlossen ist.

Molly[22]) beschreibt eine Anzahl Strombegrenzer.

1) El. Rev. (Ldn.) Bd 80, S 118. — 2) Electr. (Ldn.) Bd 80, S 121. — 3) H. Vogler, Mitt. Ver. EW S 352. — 4) H. Gewecke u. W. v. Krukowski, ETZ S 356. — 5) SSW, DRGM 669696. — 6) SSW, DRGM 677645. — 7) Z. Instrk. S 82. — 8) ETZ S 263. — 9) Mitt. Ver. EW S 339. — 10) ETZ S 115. — 11) ETZ S 175. — 12) SSW, Schweiz. Pat. Nr 76704. — 13) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 38. — 14) H. Bußmann (R. Stöppler), ETZ S 93, 105, 160, 231. — 15) Boucherot, Rev. Gén. El. Bd 3, S 83. — 16) Illiovici, Rev. Gén. El. Bd 3, S 349. — 17) P. Bourguignon, Rev. Gén. El. Bd 4, S 214; siehe auch: Rossander, ETZ 1907, S 1095; Nagel, ETZ 1913, S 1391 und ETZ 1914, S 168. — 18) P. M. Lincoln, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 430. — 19) W. Stumpner, ETZ S 6. — 20) Isaria, DRP 309849. — 21) Kuhlo, DRP 241013. — 22) A. Molly, Helios Fachz. S 407, 415. — El. Anz. S 317.

Elektrische Messungen und Meßverfahren, Hilfsmittel für Messungen.

Von Prof. Dr. Herbert Hausrath.

Widerstandsmessung. Wenn ein Spannungsmesser vom Widerstand R, mit dem zu messenden Widerstand x in Reihe geschaltet, die Spannung P anzeigt, während die Stromquelle die Spannung P_k besitzt, so ist bekanntlich $x = R\,(P_k/P - 1)$. Die Auswertung kann nach Puget[1]) mittels einer Tafel erfolgen, auf der Skalen für P_k und P einander parallel, aber in entgegengesetzter Richtung gezeichnet sind. Der Schnittpunkt der Verbindungslinie der gemessenen P_k

und P mit derjenigen der Nullpunkte zeigt auf letzterer den gesuchten Wert an. Nach einem zweiten Vorschlag werden auf der Skala des Voltmeters die Logarithmen der Spannungen aufgetragen. Die Differenz der beiden abgelesenen Werte ergibt dann aus einer einfachen Tafel das zugehörige x.

Für bolometrische Messungen geeignete thermokraftfreie Brückenanordnungen werden von Mueller[2]) beschrieben. Eine Ausführung, mit der Widerstände bis 10 Ω auf 1 bis 2 $\mu\Omega$ genau gemessen werden können, ist von O. Wolff, Berlin, hergestellt.

Eine von v. Krukowski[3]) ausführlich beschriebene kombinierte Wheatstonesche und Thomsonsche Brückenanordnung zur fabrikationsmäßigen Prüfung von Leitungs- und Widerstandsmaterial ist derart eingerichtet, daß neben normalen Widerstandsmessungen die Leitfähigkeit von Kupfer-, Aluminium- und Zinkdrähten und -stäben schnellstmöglich auf Einhaltung oder Abweichung von ihrem Sollwert geprüft werden kann. Die Proben werden, wenn irgend möglich, auf eine bestimmte Länge abgeschnitten und mit einem Gewichtssatz mit solcher Masseneinheit gewogen, daß dieses Gewicht numerisch gleich dem Querschnitt der Probe ist. Ferner sind die zur selbsttätigen Elimination des Temperaturkoeffizienten aus Kupfer gefertigten Vergleichswiderstände so bemessen, daß die Einstellung der dem Vergleichswiderstand anliegenden Verzweigungswiderstände ebenfalls den Querschnitt der Probe angibt, wenn diese die normale Leitfähigkeit besitzt. Aus der etwa eintretenden Abweichung erkennt oder berechnet man erforderlichenfalls also leicht die tatsächliche Leitfähigkeit. Die Einspannung der Proben erfolgt mittels Schraubstockkörpern, die mit geeigneten Klemmbacken und an die Probe anfedernden Schneiden als Potentialklemmen versehen sind.

Schon früher begonnene Untersuchungen über die el. Leitfähigkeit von einfach zusammengesetzten Gläsern und von Bergkristall bei verschiedener Temp., die Ambronn[4]) nunmehr auch auf die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Konzentration an CaO ausdehnte, führten zur Ausbildung besonderer, durch die Natur des Gegenstands erforderlicher Hilfsmittel. Um die Parallelität der Stromfäden in den zu untersuchenden Platten zu gewährleisten, werden die Endflächen platiniert und mit zwischengelegten Platinscheiben zwischen dicke Kupferelektroden gepreßt. Letztere sind an langen Stahlrohren befestigt, die mit engem Luftspalt aus dem el. Ofen herausragen, so daß die Isolation aus dem tiefen Innenraum herausverlegt ist. Die zur Temperaturmessung dienenden Thermoelemente sind in diesen Rohren bis unmittelbar an die Glasprobe geführt. Durch starke, über die Elektrodenklötze geschobene, sich überdeckende Silberrohre wird möglichst gute räumliche Konstanz der Temperatur erzielt. Mit Rücksicht auf die Polarisation der elektrolytisch leitenden Objekte und auf die Notwendigkeit, um das Material nicht zu verändern, mit kleinen Spannungen zu arbeiten, wird lediglich dem Probestück ein rotierender Stromwender vorgeschaltet.

Abb. 15.

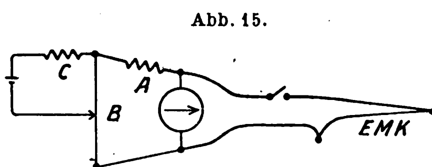


Abb. 16.

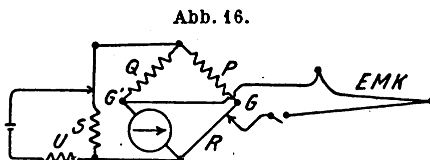


Abb. 15 und 16. Methoden zur Messung der EMK.

Gleichstrommessungen. Zur Messung von thermoelektrischen Kräften mit stromlosem Thermoelement und von Spannungen an Meßwiderständen u. dgl. wurden von Wenner, Foote und Weibel[5]) zwei einfache Methoden angegeben. Nach der einen wird in der Anordnung nach Abb. 15 der Schleifkontakt verschoben, bis das Millivoltmeter beim Ein- und Ausschalten des Thermoelements keine Ausschlagsänderung gibt. In Abb. 16 dient der entsprechende Schleifdraht zur Einstellung einer Spannung

an dem in der abgeglichenen Brücke liegenden Millivoltmeter, die die zu messende Spannung überschreitet, worauf der Gleitkontakt in dem zum Instrument benachbarten Brückenzweig so eingestellt wird, daß die EMK an diesem Meßdraht kompensiert erscheint.

Goudet[6]) hält es auch bei Gleichstrom-Nullmessungen u. U. für vorteilhaft, statt eines Galvanometers einen Tikker mit Fernhörer zu verwenden.

Kalibrierung und Eichung. Hausrath[7]) weist darauf hin, daß zur Ausführung der von Raus (JB 1917, S 158) angegebenen Kalibrierungsmethode von Strouhal und Barus in der Variante nach Guzmann keine besonderen Widerstandskombinationen erforderlich, sondern gewöhnliche Kurbelwiderstände verwendbar und im Praktikumsbetrieb bewährt sind.

Die Eichung von Leistungsfaktormessern wird durch Schwankungen von Spannung, Strom und Phasenwinkel erschwert. Th. W. Varley[8]) eicht deshalb mit Gleichstrom, wobei der Strom in den Spannungszweigen durch Vorschalt- oder Nebenschlußwiderstände derart eingestellt wird, daß jeweils das gleiche Drehmoment wie bei einer gegebenen Phasenverschiebung entsteht.

Der **dielektrische Verlustwinkel** von plattenförmigem Isoliermaterial wird von Butman[9]) in einer symmetrischen Brückenanordnung gemessen. Die Differenz der Verlustwinkel von Versuchskondensator und Vergleichskondensator wurde aus Induktivität und Widerstand der beiden andern Brückenzweige bestimmt. Als Nullinstrument diente ein Einthovensches Vibrationsgalvanometer der Cambridge Scient. Instr. Co., dessen Silberfaden durch einen Aluminiumfaden ersetzt wurde. Einigermaßen genaue Messungen des Verlustwinkels erforderten eine Belastung des Materials mit mindestens 3 kV/cm.

Die **Windungskapazität** einlagiger Solenoide ist von Hubbard[10]) in Schwingungskreisen untersucht worden, die außer der Spule einen berechenbaren Plattenkondensator und eine senkrecht zu den Windungen laufende rechteckige Leitung enthalten. Indem durch Kurvenaufnahme (vgl. unten) die Schwingungsdauer für verschiedene Kapazitäten des Plattenkondensators bestimmt wird, erhält man die Summe der Kapazität der Leitung und der Spule. Erstere wurde in Übereinstimmung mit der Berechnung durch Variation der linearen Abmessungen der Spule ermittelt.

Wechselstrommessungen. Zur Messung des Effektivwerts eines Wechselstroms verwendet Gibbon[11]) eine Brückenanordnung, deren Zweige im wesentlichen aus der festen und beweglichen Spule eines Elektrodynamometers und einer entsprechenden „blinden“ Spulenanordnung bestehen. Wenn die Widerstände und Induktivitäten aller Zweige durch Zusatzapparate auf Gleichheit gebracht sind, so verschwindet der Dynamometerausschlag in dem Fall, daß ein an einem Diagonalzweig zugeführter Gleichstrom gleich dem am andern zugeführten Wechselstrom ist. Letzterer kann deshalb durch Kompensation des ersteren gemessen werden. Die Genauigkeit, geprüft durch Messung beider Ströme mittels des Drysdale-Tinsleyschen Potentiometers ergab sich zwischen 0,03 und 2%.

Um eine Braunsche Röhre mit Ablenkungselektroden für Messung und Aufnahme der Spannung an einem Röntgeninduktor verwendbar zu machen, schlägt Samson[12]) folgendes Verfahren ein, das auch bei andern elektrostatischen Meßinstrumenten mit geeichter Skala anwendbar ist und im Prinzip auch schon angewendet wurde. Die Ablenkungselektroden sind mit zwei Platten verbunden, die symmetrisch zwischen zwei weiteren Platten angeordnet sind. Zunächst wird der Abstand der letztern so klein gewählt, daß ihre Spannung noch mittels eines genauen Voltmeters meßbar ist, während die Röhre den maximalen Ausschlag zeigt. Hierauf wird der Plattenabstand so vergrößert, daß der Spannungswert des Ausschlags an der Röhre bei gleicher Spannung an den Außenplatten den $n$ten Teil von vorher beträgt. Wird dann die Spannung an den Außenplatten bis zum Maximalausschlag erhöht, so ist ihr Betrag der $n$fache geworden. Bei dieser neuen Spannung wird der Plattenabstand wieder

vergrößert usw., bis die Anordnung für die zu messende Hochspannung ausgewertet ist.

Im Verfolg des schon früher (JB 1916, S 194) verwendeten Verfahrens, die Konfiguration eines elektrostatischen Feldes aus der identischen eines elektrischen Strömungsfelds auszuwerten, beschreibt Estorff[13]) Versuchseinrichtungen zur Ausmessung der Potentialniveauflächen in einem elektrolytischen Trog mit Elektrodenformen, die denen von Hochspannungsisolatoren möglichst entsprechen. Eine an einem Pantograph angebrachte Sondenelektrode wird in einer Meridianebene geführt und von Punkt zu Punkt auf Stromlosigkeit einer normalen Wechselstrombrücke mit Telephon eingestellt. Die Stellung wird dann durch elektromagnetische Betätigung eines am Pantographen angebrachten Stahlstifts in das Aufnahmepapier eingelocht. Für Versuche, die auch das Dielektrikum der Isolatoren berücksichtigen, wurden solche aus Kohlen oder einer besonders ermittelten Mischung von Graphit und Zement nachgebildet. Die Fehler, die aus der besonders für die naturgetreue Nachbildung von Kettenisolatoren am Mast zu geringen Elektrodengröße entstehen, könnten wohl verringert werden, wenn an der Wandung Elektrodensegmente angebracht und durch einen der Brücke nebengeschlossenen Spannungsteiler auf Potentialen gehalten werden, die sich für die betreffenden Stellen des Feldes aus der Ausmessung des entsprechenden Gebietes an einer stark verkleinerten Abbildung ergeben.

Déguisne[14]) benutzt die hohe Empfindlichkeit der neuen Vibrationsgalvanometer zur Ausmessung eines Wechselfeldes mittels einer kleinen um zwei senkrechte Achsen von genau meßbarem Winkel zu drehende Prüfspule. Um bei der Messung der Feldgröße eine Rückwirkung zu vermeiden, wird zweckmäßig eine Wechselstrom-Kompensationsmethode benutzt.

Fuhrmann[15]) gibt eine graphische Darstellung der Leistung in Wechselstrom- und Drehstromsystemen und erläutert an diesen die verschiedenen Verfahren zur Leistungsmessung in letzteren.

Haidegger[16]) gibt an, wie für den Fall symmetrischer Belastung im symmetrischen Drehstromsystem die aus zwei Wattmeterablesungen zu bestimmende Phasenverschiebung im Netz graphisch ermittelt werden kann.

Erzeugung von gedämpften Schwingungen und Wechselströmen mittels Unterbrecher. Die Erregung von Schwingungskreisen durch Unterbrechung eines durch die Spule geschlossenen Stromkreises wurde von Wiesinger[17]) experimentell und theoretisch untersucht. Durch Aufnahme der Stromkurven mittels der Braunschen Röhre und durch Beobachtungen über die Stromstärke, bei der kein Unterbrechungsfunke entsteht, wurden die Bedingungen für günstigsten Wirkungsgrad der Schwingungserregung durch Beladung mit magnetischer Energie ermittelt.

Als Erzeuger schwacher Wechselströme von 10 Per/s für Meßzwecke, insbesondere in Verbindung mit einem gleichgestimmten Vibrationsgalvanometer verwendet das National Physical Laboratory[18]) eine elektrisch betriebene Stimmgabel, deren eine Zinke eine Spule zwischen den Polen eines Permanentmagnets bewegt.

Kasperowicz[19]) deutet eine dem Simonunterbrecher entsprechende Form eines Quecksilberunterbrechers an, der durch eine mit Quecksilber gefüllte Kapillare gebildet wird. Daten zur Beurteilung des Effekts werden nicht gegeben.

Hochspannungsgleichrichter. Ein von Greinacher[20]) angegebener, von der Firma Huber, Müller & Cie. in Zürich hergestellter Hochspannungsgleichrichter stellt eine Ausführungsform des bekannten Delonschen Apparats dar, wobei lediglich der mechanische Umschalter des letzteren durch einen Aluminiumgleichrichter ersetzt ist.

Der von Saroléa[21]) unternommene Versuch, eine Elektronenröhre von großen Abmessungen nach Art des Kenotrons (JB 1916, S 16·) als Hochspannungsgleichrichter, insbesondere für Isolationsprüfung an Kabeln zu ver-

wenden, schlug fehl, indem der Glühfaden durch einseitige elektrostatische Anziehung bei 1500 V sofort zerstört wurde.

Gut bewährt hat sich für Spannungen bis 3000 V der von der Akkumulatorenfabrik A.-G., Berlin, hergestellte Gleichrichter mit Gasfüllung und Wehneltkathode.

Elektronenröhren. Die in der Kriegszeit aus der Lieben-Reiß-Röhre und dem de Forestschen Audion durch Verwendung eines Hochvakuums nach dem von Muirhead mit seinem Kenotron (Gleichrichter) und Pleiotron (Verstärker) gegebenen Vorgang entwickelten Elektronenröhren stellen auch für die elektrische Meßtechnik eine Bereicherung ihrer Hilfsmittel von größter Bedeutung dar. Wenn diese in dem zur Veröffentlichung gebrachten Schriftgut des Berichtsjahrs auch noch nicht zum Ausdruck kommen konnte, darf doch wohl an dieser Stelle eine von H. Barkhausen im Sommer 1917 für die Inspektion des Torpedowesens in Kiel verfaßte Dienstschrift genannt werden, in der die vollständige, die Arbeitsweise der Röhren als Verstärker, Detektor und Schwingungserzeuger beherrschende Theorie entwickelt ist. Ferner sei eine aus der Versuchskompanie der „Tafern" hervorgegangene Druckschrift erwähnt, in der Hohage schöne Anwendungen der Röhren für besondere Meßzwecke angibt. Druckschriften der Ges. f. drahtl. Tel. enthalten ausführliche Mitteilungen über die Entwicklung der Röhren und ihre Anwendungen.

Die **Sender für Erdtelegraphie** stellen ebenfalls eine wertvolle Bereicherung der meßtechnischen Hilfsapparate dar, indem sie z. B. als Erzeuger von Wechselströmen mit einer Grundfrequenz bis 1000 Per/s für Brückenmessungen dienen können. Ihr fast funkenfreier Selbstunterbrecherbetrieb ist für Ströme bis gegen 10 A gelungen.

[1]) Puget, Rev. Gén. El. Bd 4, S 298. — [2]) E. F. Mueller, Scient. Pap. Bur. Stand. Nr 288. — Bull. Bur. Stand. Bd 13, S 547, 1916. — [3]) W. v. Krukowski, Helios Fachz. S 257, 265. — [4]) R. Ambronn, Phys. Z. S 401. — Ann. d. Phys. R 4, Bd 58, S 139. — Nova Acta, Halle, Bd 101, Nr 3, S 179. — [5]) F. Wenner, P. D. Foote u. E. E. Weibel, El. World Bd 71, S 559. — [6]) Rev. Gén. El. Bd 3, S 723. — [7]) H. Hausrath, Beibl. Ann. d. Phys. S 253. — [8]) Th. W. Varley, El. World Bd 71, S 248. — [9]) Ch. A. Butman, El. World Bd 71, S 502. — [10]) J. C. Hubbard, Phys. Rev. 122, Bd 9, S 529. — Rev. Gén. El. Bd 3, S 128. — [11]) C. O. Gibbon, El. World Bd 71, S 979. — [12]) Kurt Samson, Ann. Phys. R 4, Bd 55, S 608. — [13]) W. Estorff, ETZ S 53, 62, 76. — [14]) Déguisne, ETZ S 411. — [15]) W. Fuhrmann, Helios Fachz. S 161. — [16]) E. Haidegger, ETZ S 335. — [17]) H. Wiesinger, Ann. Phys. R 4, Bd 55, S 401. — [18]) Electr. (Ldn.) Bd 81, S 394. — [19]) W. Kasperowicz, Phys. Z. S 187. — [20]) H. Greinacher, Bull. Schweiz. EV S 85. — [21]) J. Saroléa, Rev. Gén. El. Bd 4, S 4.

XIV. Magnetismus.

Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. E. Gumlich.

Thermische Wirkung der magnetischen Felder. Bei der Bestimmung der Magnetisierbarkeit des Nickels unmittelbar oberhalb des magnetischen Umwandlungspunkts fanden P. Weiß und Aug. Piccard[1]), daß die Temperatur der Probe durch die Erregung des Feldes merklich zunahm, und zwar um etwa 0,7° bei 15000 Gauß; schaltete man umgekehrt das Feld wieder aus, nachdem sich die Temperatur des Körpers mit der Umgebung ausgeglichen hatte, so sank entsprechend die Temperatur der Probe. Daß diese theoretisch wichtige Erscheinung nicht schon lange bemerkt wurde, liegt offenbar daran, daß die Beobachtung bei den gewöhnlichen ferromagnetischen Substanzen, deren Umwandlungspunkt sehr hoch liegt, recht unbequem ist; bei Legierungen, wie Nickelstahl, Manganstahl etc., deren Umwandlungspunkte in der Nähe der

Zimmertemperatur liegen, ist der Nachweis ganz einfach und läßt sich sogar als Vorlesungsversuch führen. Auf Grund der Weißschen Theorie vom inneren Feld der ferromagnetischen Substanzen leiten die Verf. theoretisch das mit dem Experiment im Einklang stehende Gesetz ab, daß die Temperaturänderung proportional dem Quadrat der Magnetisierung sein muß.

Magnetochemie. Eine gedrängte, aber doch recht vollständige, mit zahlreichen Literaturnachweisen versehene Übersicht über die neueren Theorien des Dia-, Para- und Ferromagnetismus und deren experimentelle Prüfung mit besonderer Betonung der Magnetonentheorie seines Lehrers P. Weiß gibt B. Cabrera[2]).

Magnetisierung von Eisenkristallen. Frühere von P. Weiß an Kristallen von Magnetit und Pyrrhotin ausgeführte Versuche hatten eine erhebliche Abhängigkeit der Magnetisierbarkeit von der Kristallachse ergeben, welche auch wichtige Schlüsse auf die Theorie der Magnetisierung der gewöhnlichen ferromagnetischen Substanzen zu ziehen gestatteten. Da auch das Eisen im gewöhnlichen Zustand als Konglomerat unzähliger kleiner Kriställchen mit wirr durcheinander gelagerten Achsenrichtungen angesehen werden muß, ging das Bestreben natürlich dahin, diese Versuche auch auf einzelne Eisenkristalle auszudehnen, sie scheiterten aber bisher an der geringen Größe der Einzelkriställchen. Erst neuerdings gelang es Beck[3]), nach dem Thermitverfahren hinreichend große Einzelkristalle von genügender Reinheit (2% Verunreinigungen) herzustellen und Blättchen daraus zu schneiden, welche nach der Weißschen Methode mit der magnetischen Drehwage untersucht werden konnten. Es ergaben sich ähnliche Resultate in betreff der Richtung größter und kleinster Magnetisierbarkeit in Abhängigkeit von der Kristallachse wie beim Pyrrhotin; die verschiedenen Abweichungen dürften im wesentlichen auf Zwillingsbildungen u. dgl. zurückzuführen sein.

Magnetische Eigenschaften von Eisenlegierungen. Anregungen seitens der Technik zur Verbesserung der magnetischen Eigenschaften des Dynamoblechs veranlaßten eine auf breiter Grundlage in der Reichsanstalt durchgeführte Untersuchung von Gumlich[4]) über die Abhängigkeit der magnetischen Eigenschaften, des spezifischen Widerstandes und der Dichte der Eisenlegierungen von der chemischen Zusammensetzung und der thermischen Behandlung, zu welchen Prof. Goerens in Aachen mit den Hilfsmitteln des eisenhüttenmännischen Instituts der dortigen Hochschule die notwendigen mikrographischen Untersuchungen ausführte. Die Messungen erstreckten sich auf gewöhnliches, käufliches Material, Fischersches Elektrolyteisen, sowie auf Legierungen von Eisen mit C, Si, Al und Mn, die von mehreren Eisenhüttenwerken, hauptsächlich der Firma Fr. Krupp, mit den zugehörigen chemischen Analysen zur Verfügung gestellt wurden, und zwar gelangten die Proben zumeist sowohl in Form zylindrischer Stäbe als auch in Form von Blechbündeln zur Untersuchung.

Durch systematische Änderung der Zusätze gelang es, die gesetzmäßige Abhängigkeit der Dichte, des el. Widerstands und einer Reihe von magnetischen Eigenschaften, wie des Sättigungswertes, der Koerzitivkraft usw. von der Höhe des Zusatzes zu ermitteln und somit nicht nur die Wirkung kleiner Verunreinigungen, wie sie in jedem käuflichen Material vorhanden sind, zahlenmäßig festzustellen, sondern auch durch Extrapolation auf den Wert Null der Verunreinigungen die betreffenden Eigenschaften von reinem Eisen abzuleiten; die so ermittelten Ergebnisse stehen in guter Übereinstimmung mit den entsprechenden Eigenschaften des reinsten, bis dahin hergestellten Materials, des Fischerschen Elektrolyteisens, bei dem sich außerdem noch eine willkürliche Beeinflußbarkeit der Gestalt der Magnetisierungskurve durch die Art der thermischen Behandlung ergab, welche andere Materialien zumeist nicht zeigten. Anderseits führten die Untersuchungen höherer Legierungen namentlich mit Si, Al und C zur Aufdeckung auch technisch wichtiger Gesetzmäßigkeiten. Beispielsweise ergab es sich, daß die hervorragenden magnetischen Eigenschaften

der sog. „legierten" Bleche, deren Herstellung seinerzeit ebenfalls vom Verf. veranlaßt wurde, nicht auf eine direkte Wirkung des Si auf das Eisen zurückzuführen sind, sondern auf die Neutralisierung der außerordentlich schädlichen Eigenschaften des im Eisen stets als Verunreinigung enthaltenen C, der durch reichlichen Si-Zusatz beim Glühen in unschädliche Temperkohle übergeführt wird. — Durch Al-Zusatz und geeignete thermische Behandlung ließ sich ferner ein Material mit außerordentlich geringer Remanenz erzielen, das sich für den Bau elektrischer Meßinstrumente eignen wird, die bisher wegen der hohen Remanenz des Eisens eisenlos gebaut werden mußten. Bei der Untersuchung der C-Legierungen ergab sich eine wichtige Abhängigkeit der Remanenz und der Koerzitivkraft gehärteter reiner C-Stähle von der Höhe des im Eisen wirklich gelösten C-Gehalts. Die theoretisch sehr interessanten, technisch bisher noch nicht verwerteten magnetischen Eigenschaften der Manganlegierungen, welche in mancher Hinsicht denjenigen der sog. irreversibeln Nickelstahllegierungen ähnlich sind, konnten ebenfalls zumeist aufgeklärt werden. Außerdem gaben die zahlreichen Ausglühversuche in Stickstoffatmosphäre und im Vakuum Aufschluß über die Ursache der Verbesserung des Materials durch das ja technisch beim Dynamoblech schon allgemein verwendete Ausglühverfahren, während die Untersuchungen über das sog. „Altern" des Dynamoblechs zu einer vollständigen Klärung dieser rätselhaften Vorgänge noch nicht führten. Die Versuche sollen fortgeführt werden und sich hauptsächlich auf die zur Herstellung permanenter Magnete wichtigsten Legierungen von Fe mit C unter Zusatz von W, Cr und Mo erstrecken.

Die Magnetisierbarkeit von Mangan in reinem Zustand und in Legierung mit Fe, C und anderen Elementen untersuchten Sir Hadfield, Chéneveau und Géneau[5]) mit der magnetischen Drehwage. Gepulvertes Mn fanden sie ausgesprochen paramagnetisch, die von P. Weiß früher festgestellten ferromagnetischen Eigenschaften des geschmolzenen Mn (hohe Koerzitivkraft) führen sie in Analogie mit Elektrolyteisen auf das Vorhandensein von okkludiertem H zurück. Die Magnetisierbarkeit der untersuchten Manganstähle erwies sich weniger abhängig von der Höhe des Mn-Gehalts als von derjenigen des gleichzeitig vorhandenen C-Gehalts. Eine Beigabe von 6% Si machte den Manganstahl mit 1% C ferromagnetisch, wahrscheinlich durch vollständige Beseitigung des γ-Eisens; außerdem nahm die Suszeptibilität dieser Legierung im Laufe mehrerer Jahre außerordentlich stark zu.

Magnetische Sättigung. Die Sättigungswerte J_∞ ferromagnetischer Substanzen, welche z. B. in der vorerwähnten Untersuchung von Gumlich für eine große Anzahl von Materialien experimentell nach besonderem Verfahren genau aber mühevoll bestimmt wurden, lassen sich auf Grund theoretischer Überlegungen von Ashworth[6]) auch rechnerisch ermitteln, und zwar mit Hilfe der einfachen Beziehung $J_\infty = \sqrt{R/R'}$, in welcher R die Gaskonstante und R' das Reziproke der Curieschen Konstanten bezeichnet. Die Prüfung an früheren, experimentell gefundenen Sättigungswerten von Fe, Ni, Co ergab eine in Anbetracht der Unsicherheit der Größe R' immerhin überraschende Übereinstimmung.

Meßmethoden und Messungen. Bei der Aufnahme der Magnetisierungskurven und Hystereseschleifen mittels des ballistischen Galvanometers verfährt man zumeist so, daß man, vom unmagnetischen Zustand der Probe ausgehend (Punkt 0 in Abb. 17), den durch Schließen eines kleinen Magnetisierungsstroms in einer Sekundärspule hervorgebrachten Induktionsstoß beobachtet sodann die Stromstärke sprungweise vergrößert und den zugehörigen Galvanometerausschlag mißt, bis man zu dem gewünschten Höchstwert der Feldstärke (Punkt 1, Abb. 17) angekommen ist. Verringert man dann den Magnetisierungsstrom wieder sprungweise bis zum Wert Null, kommutiert die Stromrichtung und läßt den Strom wieder sprungweise anwachsen, so durchläuft der dar, stellende Punkt nunmehr den einen Ast der Hystereseschleife (1—2—3, Abb. 17).

— Dies an sich vollkommen einwandfreie Verfahren, welches sich bei geeigneter Wahl der Vorschaltwiderstände (Ruhstrat) auch dem kontinuierlichen Durchlaufen der Kurve beim Wechselstrom nähert, hat den Nachteil, daß beim Mißlingen einer Beobachtung die ganze Reihe von vorn an wiederholt werden muß. Infolgedessen zieht man vielfach der „Nullkurve" die sog. „Kommutierungskurve" vor, bei welcher auf jeder Stufe der Magnetisierungsstrom kommutiert wird, so daß man stets das Doppelte des Induktionsstoßes erhält; hierbei ist man von der magnetischen Vorgeschichte nahezu unabhängig und kann die Beobachtung an jedem Punkt beliebig wiederholen. Dies gilt nun zwar ohne weiteres für den Ast 0—1, nicht aber für die Hystereseschleife. Für diese hatten früher schon Evershed und Vignoles ein entsprechendes Verfahren ausgearbeitet, das aber eine sehr verwickelte Apparatur erforderte. In verhältnismäßig sehr einfacher und bequemer Weise löst M. Schleicher[7]) dieselbe Aufgabe mit der in Abb. 18 dargestellten Anordnung: Die ringförmige Probe P, die natürlich auch durch einen Stab oder Blechbündel im Joch ersetzt werden kann, ist durch die Induktionsspule s mit dem ballistischen Galvanometer G, durch die Magnetisierungsspule S über den Stromwender W und die Widerstände R_1 und R_2 mit der Batterie B verbunden. Bei geschlossenem Stromschlüssel U läßt sich mit dem Widerstand R_1 die zum Erreichen der höchste Feldstärke (Punkt 1 der Schleife) erforderliche Stromstärke einstellen, während der Widerstand R_2 zur Regulierung der Stromstärken dient, welche den zwischen 1 und 2 liegenden Punkten der Hystereseschleife entsprechen und die von Punkt 1 aus durch Öffnen von U sprungweise erreicht werden; dazwischen hat man stets wieder durch Schließen von U auf den Punkt 1 zurückzugehen und R_2 zu regulieren. Zum Erreichen von Punkt 2 ist mittels der Wippe W der Magnetisierungsstrom vollkommen zu unterbrechen; zu Punkten zwischen 2 und 3 gelangt man in leicht ersichtlicher Weise durch Öffnen von W, Öffnen von U, Regulieren von R_2 und Umlegen von W.

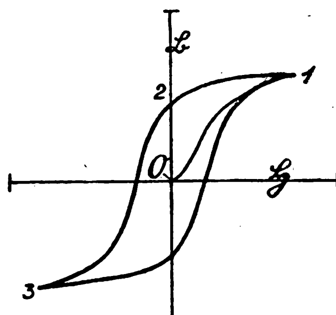


Abb. 17. Hystereseschleife.

So einfach die Anordnung auf den ersten Blick aussieht, so darf doch nicht außer acht gelassen werden, daß jede Kommutierungsbeobachtung wegen der sog. „Anpassung" des Eisens vor der eigentlichen Messung immer die Vornahme einer größeren Anzahl von Kommutierungen bei jedem Punkt voraussetzt, wenn man wirklich reproduzierbare Werte erhalten will, und dies würde natürlich auch die Aufnahme nach der vorliegenden Anordnung ziemlich umständlich machen.

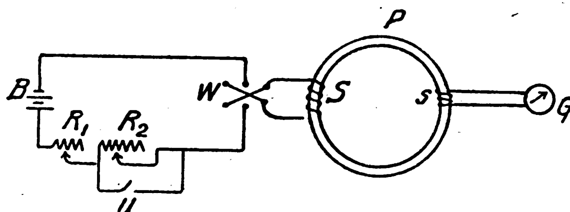


Abb. 18. Methode der Eisenprüfung.

Gerade die erwähnten Anpassungsvorgänge, d. h. die Beseitigung der Wirkungen von vorhergehenden Magnetisierungen, macht Velander[8]) zum Gegenstand einer eingehenden Untersuchung, in welcher er ganz allgemein den Zustand des Eisens untersucht, nachdem es einem magnetischen Feld ausgesetzt

wurde, und den der Verf. als „polarisiert“ bezeichnet, im Gegensatze zum „entpolarisierten“ d. h. entmagnetisierten Zustand, bei welchem diese Wirkungen bereits künstlich beseitigt sind. Der Verf. findet ein Kriterium dafür, ob die Entmagnetisierung vollkommen gelungen ist oder nicht, in der Art, in welcher die ballistischen Galvanometerausschläge sich bei Vornahme einer größeren Anzahl von Kommutierungen hintereinander ändern (vgl. den vorausgehenden Bericht): War die Entmagnetisierung gut, so steigen die Ausschläge ständig an und nähern sich asymptotisch einem Grenzwert; war sie schlecht, so steigen sie anfänglich an, gehen durch ein Maximum und fallen wieder, bis sie ebenfalls asymptotisch einen Grenzwert erreichen; dazwischen liegen alle möglichen Zwischenstufen. Zur Erreichung einer wirklich guten Entmagnetisierung ist nach dem Verf. nicht die sehr umständliche Verwendung von kommutiertem Gleichstrom notwendig, welche von Burrows empfohlen wird, sondern es genügt auch die von der Reichsanstalt besonders ausgebildete Verwendung von gleichmäßig abnehmendem Wechselstrom, nur muß man den Strom sehr langsam sinken lassen, damit das Eisen sich auch während der Entmagnetisierung dem jeweiligen Magnetisierungszustand anpassen kann. — Nach dem früher von Steinhaus und Gumlich (JB 1915, S 198) angegebenen Verfahren zur Erzielung einer von der magnetischen Vorgeschichte unabhängigen Magnetisierung, welches darauf beruht, daß dem stationären Feld ein bis auf Null abnehmendes Wechselfeld übergelagert wird, nahm Wright[9]) die Magnetisierungskurven von 5 verschiedenen Eisensorten mit einem C-Gehalt von 0,015% bis 0,57% mittels des störungsfreien Magnetometers von Kohlrausch und Holborn an Rotationsellipsoiden bei verschiedenen Temperaturen bis zum Umwandlungspunkt auf, und zwar wurden die Magnetometerausschläge nicht direkt gemessen, sondern mittels einer stromdurchflossenen Spule von bekannter Windungsfläche kompensiert, wodurch eine größere Genauigkeit erzielt werden konnte. Die Kurven zeigten im allgemeinen denselben Charakter, wie die von Steinhaus und Gumlich ermittelten, nämlich außerordentlich steilen Anstieg, gleichmäßig ausgebildetes Knie und allmähliche Annäherung an die Sättigung; neu ist das vorauszusehende Fehlen der auf Hysterese beruhenden Erscheinung, daß mit wachsender Temperatur die Permeabilität bei niedrigen Feldstärken ansteigt, bei hohen abnimmt. — Die durch übergelagerte Wechselfelder hervorgebrachte Änderung der Hystereseschleife von Eisenkohlenstofflegierungen untersuchten Wagonner und Freeman[10]) mittels einer Zweispiegel-Einrichtung, welche die Hystereseschleifen in Zeit von vier Sekunden photographisch aufzunehmen gestattete, und zwar an zylindrischen Probestäben in freier Spule, so daß also die entmagnetisierende Wirkung der freien Enden unberücksichtigt blieb und die Messungen daher nur Vergleichswert haben. Es ergab sich, daß mit einem von 0,01% bis 1,37% wachsenden C-Gehalt der Hystereseverlust durch Überlagerung eines Wechselfeldes von 60 Perioden über das stationäre Magnetisierungsfeld von 20% bis zu 52% abnahm. — Shaw[11]) macht Mitteilung von der Messung der Permeabilität einer Anzahl von Dynamoblechbündeln nach der Ewingschen Doppelschluß-Jochmethode, welche bezweckt, durch Verwendung von zwei Proben aus identischem Material und von zwei Paaren Magnetisierungsspulen von einfacher und doppelter Länge den magnetischen Widerstand der Jochteile und der Luftschlitze zu eliminieren. Da er jedoch auf die hauptsächlichsten Bedenken gegen diese sinnreich erdachte Methode, nämlich den Einfluß von Ungleichmäßigkeiten der Proben, des veränderlichen Luftwiderstandes beim Festklemmen usw., nicht eingeht und auch keine Vergleichswerte mit anderen Methoden bringt, so hat die Untersuchung für die Technik wenig Wert.

Ein vom Referenten verfaßter Leitfaden der magnetischen Messungen[12]) soll in erster Linie den Bedürfnissen des Studenten, des Elektrotechnikers und des Hütteningenieurs dienen; es ist deshalb hauptsächlich Wert gelegt auf eingehende Besprechung der magnetischen Meßapparate, und zwar in erster Linie der in der Reichsanstalt verwendeten bzw. ausgearbeiteten, die den Leser mit

Hilfe der beigegebenen Zahlenbeispiele in den Stand setzen soll, die notwendigen Messungen ohne besondere Anleitung selbständig auszuführen. Einem einleitenden Kapitel über die magnetischen Grundbegriffe folgt die Besprechung der Messungen mit dem gewöhnlichen und den störungsfreien Magnetometern, sodann die ballistische Methode unter Berücksichtigung der verschiedenen Jochanordnungen und der neueren Anordnungen zur Messung der Permeabilität von Dynamoblech, ferner die Präzisionswage von du Bois, der Magnetisierungsapparat von Köpsel-Kath usw. Das nächste Kapitel beschäftigt sich mit der Bestimmung der Sättigungswerte (Anordnungen von Ewing, Gumlich usw.), hierauf folgt die Besprechung der Methoden zur Ermittelung des Energieverlusts (Methoden von Epstein, Möllinger, Richter, Lloyd, Searle und Beford, Ewing, Blondel; die Besprechung des bekannten Apparats von van Lonkhuyzen, auf den bereits vorher hingewiesen war, ist leider versehentlich unterblieben). Ein Schlußkapitel gibt eine Übersicht über die magnetischen Eigenschaften der ferromagnetischen Stoffe (reines Eisen, Nickel, Kobalt, Heuslersche Legierungen, sowie Legierungen von Eisen mit C, Si, Al, Mn, Ni Co usw.,) die zum Teil auch durch Schliffbilder erläutert und im Anhang in Tabellenform wiedergegeben werden; letztere dürften speziell dem Maschinenkonstrukteur willkommenes Material für seine Berechnungen liefern.

[1]) P. Weiß u. Aug. Piccard, Arch. sc. phys. et nat. R 4, Bd 45, S 329. — C. R. Bd 166, S 352. — [2]) B. Cabrera, J. chim. phys. Bd 16, S 442. — [3]) Karl Beck, Vierteljahrschr. naturf. Ges. Zürich Bd 63, S 116. — [4]) E. Gumlich, Wiss. Abh. Phys.-Techn. Reichsanst. Bd 4, H 3. — ETZ 1919, S 312. — Stahl u. Eisen 1919, S 765. — [5]) Sir Rob. Hadfield, C. Chéneveau, Ch. Géneau, Rev. Gén. El. Bd 3, S 468. — [6]) J. R. Ashworth, Phil. Mag. R 6, Bd 36, S 351. — [7]) M. Schleicher, ETZ S 393. — [8]) E. Velander, Arch. El. Bd 6, S 409. — [9]) W. R. Wright, Phys. Rev. R 2, Bd 11, S 161. — [10]) C. Wagonner u. H. M. Freeman, Gen. El. Rev. 21. II. 1918. — El. Masch.-Bau S 412. — [11]) Franc. Shaw, Electr. (Ldn.) Bd 80, S 787. — [12]) E. Gumlich, Fried. Vieweg, Braunschweig, 224 S u. 6 Tafeln mit Tabellen.

XV. Messung elektrischer Lichtquellen.

Von Dr.-Ing. N. A. Halbertsma.

Photometrische Grundbegriffe. Die Bestrebungen, den Lichtstrom an Stelle der Lichtstärke für die Bewertung von Lichtquellen und die Ausführung lichttechnischer Berechnungen sowie als Ausgangspunkt der photometrischen Größen zu verwenden, haben in den letzten Jahren wesentliche Fortschritte gemacht, trotzdem der wissenschaftliche Verkehr zwischen den verschiedenen Ländern stark behindert war. In einer Versammlung der Englischen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft[1]) sprachen sich beide Referenten Morris und Willcox zugunsten des Lichtstroms aus, der auch in der praktischen Lichttechnik die mittlere räumliche Lichtstärke vollständig ersetzen kann.

In Frankreich behandelte Armagnat[2]) die Frage, ob für die Bezeichnung der Lichtquellen die mittlere räumliche Lichtstärke eingeführt werden soll an Stelle der vielen verschiedenartigen Lichtstärken, die bis jetzt gebraucht wurden, oder ob man das von einer Lampe erzeugte Licht als das bezeichnen soll, was es ist, nämlich als einen Lichtstrom, der dementsprechend in Lumen angegeben wird. Armagnat zählt die Gründe auf, die für eine grundlegende Änderung und für den Übergang zum Lumen sprechen.

In vielen Fällen wird das Arbeiten mit dem Lichtstrom dadurch erschwert, daß die richtige Vorstellung von räumlichen Winkeln fehlt und deren Messung umständlich ist. Aus diesem Grunde ist ein von Teichmüller[3]) angegebenes Meßgerät für Raumwinkel und Lichtströme besonders bemerkenswert. Eine Glaskugel trägt in feinen schwarzen Strichen eine Teilung in Dekaraumgrad

(1 Raumgrad = 0,001/4 π der Kugeloberfläche). Diese Teilung wird durch eine punktförmige Lichtquelle in der Mitte der Kugel als ein Netz von Schattenlinien projiziert. Durch Auszählen der Vierecke kann der Raumwinkel und durch Rechnung daraus der Lichtstrom ermittelt werden, der von einer Lichtquelle aus auf eine Fläche fällt. Die anschauliche Wiedergabe des Raumwinkels durch die Teichmüllersche Lichtstromkugel macht sie zu einem wertvollen Lehrbehelf. Für den Lichttechniker ist sie ein Hilfsmittel, das die Beleuchtungsberechnungen wesentlich vereinfacht gegenüber der veralteten punktweisen Berechnung mit dem quadratischen Entfernungsgesetz. — Gegenüber der von Teichmüller vorgenommenen Einteilung der Kugeloberfläche (siehe oben) empfiehlt Leonhard Weber[4]) als Raumgrad oder Einheit des Raumwinkels den (1 : 4 π)ten Teil der Kugeloberfläche beizubehalten.

Photometereinrichtungen. Sahulka[5]) beschreibt ein integrierendes Photometer, d. h. eine Vorrichtung zur unmittelbaren Bestimmung der mittleren räumlichen Lichtstärke. Es unterscheidet sich von den integrierenden Photometern von Matthews und Krüß dadurch, daß die in einem Kreis bzw. Halbkreis angeordneten Spiegel durch diffus reflektierende Gipsplatten ersetzt sind. Diese Gipsplatten stehen nicht in gleichen Abständen, sondern unter Winkeln, die gleichen Kugelzonen (Raumwinkeln) entsprechen. Der Apparat gestattet ohne besondere Schwächungsvorrichtungen große Lichtquellen zu messen.

Farbenunterschiede der zu vergleichenden Lichtquellen setzen bekanntlich die Genauigkeit der Lichtmessung herab. Bei Glühlampen verschiedener Temperatur kann der Farbenunterschied durch Blaufilter aufgehoben werden, deren Durchlässigkeit man nur einmal im Präzisions-Laboratorium bestimmt. Middlekauff und Skogland[6]) berichten über derartige Messungen an Blaufiltern, die im Bureau of Standards sowie in drei anderen Laboratorien ausgeführt wurden und eine sehr genaue Übereinstimmung der Ergebnisse zeigten.

Da die Lebensdauer von Glühlampen etwa der 13. Potenz der Spannung umgekehrt proportional ist, erfordert die Bestimmung der Brenndauer eine genaue Messung und Regelung der Spannung. Nach der Beschreibung von Middlekauff, Mulligan und Skogland[7]) besitzt das Bureau of Standards in Washington eine Prüfeinrichtung für 2500 Lampen, die den höchsten Anforderungen genügt. Die Lampen brennen mit Wechselstrom. Durch Stufen- und Reguliertransformatoren kann jede Spannung auf 0,1 V genau eingestellt und eingehalten werden.

Darstellung der Lichtverteilung. Gerhardt[8]) schlägt vor, die Lichtverteilung durch eine Kurve darzustellen, die so beschaffen ist, daß ihr Flächeninhalt ein Maß für den Lichtstrom liefert. Es ist zweifellos ein Übelstand der gebräuchlichen Polarkurve, daß sie diese Eigenschaft nicht besitzt und dadurch leicht Mißverständnisse hervorruft. Deshalb hatte Pierce[9]) schon vorgeschlagen, im Polardiagramm nicht Lichtstärken, sondern Lichtströme aufzutragen, und zwar proportional dem Wurzelwert dieser Größen, um so in der Fläche des Polardiagrammes ein Maß für den Lichtstrom zu erhalten. Gebhardt verwendet nun ebenfalls diese Wurzelteilung, und teilt seine Winkel so ein, daß sie ein Maß für den Raumwinkel liefern. Die Flächenausmessung liefert dann ein richtiges Bild von Lichtströmen, Verlusten usw. Durch eine Hilfskonstruktion wird auch die Berechnung der Beleuchtung aus der Polarkurve erleichtert.

[1]) Ill. Eng. (Ldn.) 1917, S 7, 10. — Z. Beleucht. S 75. — [2]) H. Armagnat, Rev. Gén. El. Bd 3, S 603. — [3]) J. Teichmüller, El. Masch.-Bau S 261, 277, 324. — Jl. Gas Wasser S 229. — [4]) L. Weber, Z. Beleucht. S 89. — [5]) J. Sahulka, ETZ S 253. — [6]) G. W. Middlekauff u. J. F. Skogland, ETZ S 69; nach Scient. Pap. B. O. S 277. — [7]) G. W. Middlekauff, B. Mulligan u. J. F. Skogland, ETZ S 168; nach Scient. Pap. B. O. S. 265. — [8]) O. Gerhardt, Z. Beleucht. S 54. — [9]) Pierce, Z. Beleucht. 1914, S 189.

XVI. Elektrochemie.

(Wissenschaftlicher Teil.)

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Leitfähigkeit. E. W. Washburn und K. Parker[1]) haben die Technik der Leitfähigkeitsmessungen, welche an Elektrolyten nach dem Verfahren von Kohlrausch mit dem Telephon als Nullinstrument durchgeführt werden, eingehend geprüft und (wie es schon Kohlrausch und Holborn taten) die Abstimmung des Telephons, die Änderung der Empfindlichkeit mit der Frequenz des Wechselstromes und andere Einflüsse geprüft. Washburn[2]) hat sich des weiteren mit dem für die Ionentheorie höchst wichtigen Grenzwerte der Äquivalentleitfähigkeit bei unendlich großer Verdünnung besonders beschäftigt. Um die eigene Leitfähigkeit des Wassers bei Messungen an sehr verdünnten Lösungen auszuschalten, benutzt er mit größter Sorgfalt hergestelltes „ultrareines" Wasser in besonderem Meßgefäß aus Quarzglas und berücksichtigt den Einfluß von Bikarbonaten usw. durch ein besonderes Berichtigungsglied. Um den Grenzwert der Äquivalentleitfähigkeit Λ_0 zu extrapolieren, macht Washburn die Annahme, daß die Konstante des Gleichgewichtes, welches gemäß dem Massenwirkungsgesetz zwischen dem nichtgespaltenen Elektrolyt und seinen Ionen besteht, mit abnehmender Konzentration ebenfalls einem Grenzwert zustrebt. Diesen Grenzwert ermittelt er zeichnerisch durch ein Probierverfahren, indem er verschiedene Werte von Λ_0 einsetzt und alle Werte verwirft, bei denen die Kurve $K = f(C)$ — darin ist K die Konstante, C die Konzentration — Knicke bekommt. Er fand bei seinen Messungen an sehr verdünnten Lösungen, daß alle einwertigen Salze bei Konzentrationen von 0,0001 normal abwärts dem Massenwirkungsgesetz gehorchen und außerdem dieselbe Ionisationskonstante besitzen. Er gelangte zu der Gleichung

$$\Lambda_0 = 1{,}00475 \cdot \Lambda_{0{,}0001}$$

aus welcher sich also der Grenzwert Λ_0 durch eine einzige Messung bei $C = 0{,}0001$ festlegen läßt. Dieser interessante Befund wurde von Henry J. Weiland[3]) an Chlorkaliumlösungen durch Leitfähigkeitsmessungen bei $C = 0{,}00002$ bis 0,001 nachgeprüft. Es ergab sich für Chlorkalium $\Lambda_0 = 129{,}64$. Die Berechnungsweise von Washburn für Λ_0 ist bereits von J. Kendall[4]) angewendet worden.

J. Boeseken[5]) hat den Einfluß, welcher auf die Leitfähigkeit der Borsäure in wässeriger Lösung von Glykolsäure und anderen Oxysäuren, von Harnstoff und einigen anderen Stickstoffderivaten ausgeübt wird, gemessen und daraus Schlüsse auf den Bau dieser Verbindungen gezogen.

Edward H. Darby[6]) hat die Leitfähigkeit von Trimethylammoniumjodid in Brom als Lösungsmittel gemessen; er fand, daß die Äquivalentleitfähigkeit Λ mit steigender Verdünnung stetig fällt.

Von geschmolzenem Natriumamid und Kaliumamid haben Lothar Wöhler und Fr. Stang-Lund[6a]) die Leitfähigkeit bei den Schmelzpunkten gemessen; sie fanden für die spezifische Leitfähigkeit von Natriumamid bei 210° 0,59 und von Kaliumamid bei 340° 0,39.

Potentialmessungen. Um die Potentiale der Wasserstoffelektrode und der Kalomelelektrode, welche als Normalelektroden besonders wichtig sind, genau festzulegen, haben G. N. Lewis, Th. B. Brighton und R. L. Sebastian[7]) zahlreiche sorgsame Messungen angestellt. Sie fanden für die Kette



$$H_2 \,/\, HCl\ (0{,}1\ \text{molar}) \,/\, HgCl \,/\, Hg$$

bei 25° die EMK $e = 0{,}3989$ und das Potential der Normal-Kalomelelektrode, bezogen auf die Normal-Wasserstoffelektrode, $\varepsilon_h = -0{,}2828$. Die Dissoziationskonstante des Wassers bei 25° ergab sich zu $1{,}012 \cdot 10^{-14}$.

Das Potential des Bleies ist von verschiedenen Forschern untersucht worden. W. E. Henderson und G. Stegemann[8]) stellten fest, daß Bleiamalgame mit

2,5—6% Blei gegen die 0,1 normale Kalomelelektrode das konstante Potential 0,4696 bei 25° aufweisen. Für die Spannung der Kette



$$\text{Pb amalgam} / PbSO_4 / Na_2SO_4 \cdot 10\, H_2O / Hg_2SO\;\; / Hg$$

bei der Temperatur t stellten sie die Gleichung auf:

$$e_t = 0{,}96463 + 1{,}74 \cdot 10^{-4}\,(t-25) + 3{,}8 \cdot 10^{-7}\,(t-25)^2.$$

Bei 18° ist $e = 0{,}96343$ V. — Fred H. Getman[9]) prüfte durch Potentialmessungen, ob das Blei allotrop ist, d. h. in mehreren physikalisch verschiedenen Formen auftritt, denen dann verschiedenes Potential zukommen müßte. Er fand aber bei Blei verschiedener Herkunft, bei elektrolytisch gefälltem Blei und bei Bleiamalgam immer praktisch das gleiche Potential, und zwar $\varepsilon_h = 0{,}1293$ und, bezogen auf die Normal-Kalomelelektrode, 0,4121. Wenn die Bleielektrode vor der Messung mit Bleiazetatlösung, welche mit Salpetersäure angesäuert war, behandelt wurde, so ergaben sich höhere Werte als ohne diese Vorbehandlung. G. N. Lewis und Thomas B. Brighton[10]) fanden für Blei mit Bleijodid als Elektrolyt das Potential $\varepsilon = 0{,}4125$, also fast genau denselben Wert wie Getman. Sie sehen den Grund dafür, daß das Bleipotential sich leicht reproduzieren läßt, in der Weichheit des Bleies und nehmen an, daß diese Reproduzierbarkeit für alle weichen Metalle gilt, weil diese in ihrer Oberfläche keine Spannungen aufweisen.

A. A. Noyes und Ming Chow[11]) haben das Potential des Wismuts in Wismutoxychlorid und das des Kupfers in Kupferchlorür zwischen 0° und 50° gemessen. Bei 25° fanden sie für das Wismut — 0,1599 und für das Kupfer — 0,1200.

Mit den Potentialen von Legierungen zweier Metalle beschäftigt sich eine Abhandlung von G. Tammann[12]). Besteht die Legierung aus zwei Kristallarten, so zeigt sie konstantes Potential; Beispiel ist Kadmiumamalgam. Dagegen ändert sich das Potential stetig mit der Zusammensetzung der Legierung, wenn Mischkristalle vorliegen und die Diffusion hinreicht, um Verzögerungen zu verhüten. Vorbehandlung beeinflußt nicht selten das Potential. Sehr stark ist dieser Einfluß bei silberreichen Goldlegierungen, wenn sie mit Salpetersäure gekocht werden. Dadurch wird das Silber aus der Oberfläche entfernt, und man erhält das Goldpotential; durch Abschmirgeln kommt wieder Silber hervor.

Neue Beispiele für diese Untersuchungsart bieten die Messungen von E. Bekier[13]) an Legierungen von Wismut und Antimon, Blei und Thallium, Thallium und Antimon. Bei dem ersten Metallpaar (gemessen in Kaliumantimonyltartratlösung) ändert sich das Potential stetig mit dem Antimongehalt; es liegt also eine stetige Reihe von Mischkristallen zwischen Wismut und Antimon vor. Bei den Blei-Thalliumlegierungen erstreckt sich das Gebiet der Mischkristalle von 12 bis 100% Blei. Die Thallium-Antimonlegierungen zeigen bis zu 16,5% Antimon das Potential des Thalliums, von 16,5 bis 90% Antimon konstantes Potential, was eine chemische Verbindung zwischen den beiden Metallen beweist, und von 90% ab ein rasch sinkendes Potential, also Mischkristalle.

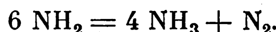
Das Potential des Broms ist von G. N. Lewis und Hyman Storch[14]) gemessen worden, und zwar in Bromkaliumlösung gegen die Kalomelelektrode und in Bromwasserstoffsäure gegen die Wasserstoffelektrode. Es ergab sich bei 25° $\varepsilon_h = -1{,}0872$.

Über die elektrochemischen Vorgänge, welche sich an Elektroden vollziehen, kann man durch Potentialmessungen Aufschlüsse erhalten, indem man einen Strom von allmählich wachsender Stärke hindurchschickt und danach die zusammengehörigen Werte von Elektrodenpotential und Stromdichte in ein Koordinatennetz einträgt. Jeder Knick in der erhaltenen Kurve deutet auf eine Änderung des elektrochemischen Vorganges. In dieser Art hat G. Grube[15]) eine Platinanode untersucht, an welcher sich Sauerstoff entwickelt. Er bediente sich hierbei des Kunstgriffes, daß er konstant gehaltenem Gleichstrom einen Wechselstrom von veränderlicher Stärke überlagerte. Weil von den beiden entgegengesetzten Vorgängen, welche die beiden Stromrichtungen des Wechsel-

stromes bewirken, der Bildung und der Reduktion von Platinoxyd, der zweite durch den freiwilligen Zerfall des Platinoxydes unterstützt wird, so hat der Wechselstrom die Wirkung, daß die Konzentration des im Platin oberflächlich gelösten Oxydes vermindert und infolgedessen das Potential erniedrigt wird. Grube fand zwei Knickpunkte, bei etwa 1,23 V und bei 1,5 V. Er nimmt auf Grund seiner gesamten Beobachtungen an, daß an der Platinelektrode unterhalb 1,23 V Sauerstoff durch Zwischenbildung von Wasserstoffperoxyd entsteht, daß 1,23 V das Potential der umkehrbaren Sauerstoffentwicklung selbst ist, daß von 1,23 bis 1,5 V das Potential durch das in fester Lösung befindliche Platintrioxyd PtO_3 bestimmt wird, und daß schließlich oberhalb 1,5 V ein Platinoxyd auftritt, das noch mehr als 3 Atome Sauerstoff auf 1 Atom Platin enthält, aber bisher nicht näher bekannt ist.

Elektrolyse. L. M. Dennis und A. B. Ray[16]) haben Lösungen von seltenen Erden, und zwar neutrale Lösungen ihrer Nitrate mit Diaphragma mit Quecksilberkathode elektrolysiert. Dabei werden die Hydroxyde in der Reihenfolge ihrer Basizität abgeschieden, und zwar um so vollkommener, je kräftiger das Qecksilber und die Flüssigkeit im Kathodenraume gerührt wird. Sie konnten durch die Elektrolyse z. B. Thorium im Niederschlag anreichern.

Geschmolzenes Natriumamid und Kaliumamid (NH_2Na und NH_2K) wurden von Lothar Wöhler und Fr. Stang-Lund[17]) elektrolysiert. Weil diese Stoffe durch Feuchtigkeit zersetzt werden und Glas oder Porzellan angreifen, so mußten sie im Nickeltiegel unter besonderen Vorsichtsmaßregeln arbeiten. Durch Beobachtung eines Knickes in der Stromspannungskurve ergab sich die Zersetzungsspannung des Natriumamids bei seinem Schmelzpunkt 210⁰ zu 0,71 V und die des Kaliumamids bei 340⁰ (Schmelzpunkt 338⁰) zu 0,87 V. Bei der Elektrolyse entsteht an der Kathode kein Gas, an der Anode Stickstoff und Ammoniak, und zwar auf 1 Raumteil Stickstoff 4 Teile Ammoniak entsprechend der Gleichung



$$6\ NH_2 = 4\ NH_3 + N_2.$$

C. Schall[18]) hat o-nitrobenzoesaures Kalium in Essigsäureanhydrid als Lösungsmittel elektrolysiert. Da die Lösung sehr schlecht leitet, so erhitzt sie sich schon bei schwachem Strom wegen der hohen Spannung (40 bis 50 V bei 0,2 A) sehr bedeutend, wenn man nicht kräftig mit Eiswasser von innen kühlt und durch Einleiten von Kohlensäure die Anodenflüssigkeit tüchtig rührt. Damit nicht durch Endosmose alle Flüssigkeit aus der als Kathodenraum dienenden porösen Porzellanzelle herausgedrückt wurde — bei dem hohen Spannungsgefälle ist die Endosmose sehr stark —, wurde mit Hilfe einer Wasserstrahlluftpumpe in der Zelle ein entsprechender Unterdruck aufrechterhalten. Die Elektrolyse lieferte Nitrobenzol, o-Nitrophenol und Ester dieser beiden Stoffe.

[1]) Washburn und Parker, J. Am. Chem. Soc., Bd 39, S 235. — [2]) Washburn, J. Am. Chem. Soc., S 106, 122, 150. — [3]) Weiland, J. Am. Chem. Soc., S 131. — [4]) Kendall, J. Am. Chem. Soc., S 622. — [5]) Boeseken, Rec. trav. chim. Pays-Bas, Bd 37, S 130, 144, 165. — [6]) Darby, J. Am. Chem. Soc., S 347. — [6a]) Wöhler und Stang-Lund, Z. Elchemie, S 267. — [7]) Lewis, Brighton, Sebastian, J. Am. Chem. Soc., Bd 39, S 2245. — [8]) Henderson und Stegemann, J. Am. Chem. Soc., S 84. — [9]) Getman, J. Am. Chem. Soc., S 611. — [10]) Lewis und Brighton, J. Am. Chem. Soc., Bd 39, S 1906. — [11]) Noyes und Ming Chow, J. Am. Chem. Soc., S 739. — [12]) Tammann, Nachr. Ges. Wissensch. Göttingen 1917, S 345. — [13]) Bekier, Chemik Polski, Bd 15, S 119. — [14]) Lewis und Storch, J. Am. Chem. Soc., Bd 39, S 2544. — [15]) Grube, Z. Elchemie, S 237. — [16]) Dennis und Ray, J. Am. Chem. Soc., S 174. — [17]) Wöhler und Stang-Lund, Z. Elchemie, S 261. — [18]) Schall, Z. Elchemie, S 154.

XVII. Elektrophysik.

Elektrophysik. Von Dr. Walter Block, Berlin-Friedenau. — Elektromedizin und Elektrobiologie. Von Dr. Gustav Großmann, Wien.

Elektrophysik.

Von Dr. Walter Block.

Allgemeines. Elektrodynamik. Bei der Darstellung der Elektrophysik in Lehrbüchern wird, wie F. Emde[1]) bemängelt, nicht nur in solchen für Schulzwecke, sondern auch für Ingenieure und Physiker, der ältere Fernwirkungsstandpunkt der Zeit vor Hertz vertreten, trotzdem der Magnetismus fast immer in der Form der Maxwellschen Theorie vorgetragen wird. Er hält es für wünschenswert, daß der gleiche Standpunkt auch in der Elektrizitätslehre eingenommen wird. F. Punga[2]) weist auf die Anwendung von Vektorquotienten, dem Verhältnis von zwei räumlichen Vektoren, hin, von Hamilton als Quaternionen bezeichnet, gibt die einfachsten Rechnungsvorschriften für sie und zeigt ihre Brauchbarkeit am Beispiel des Ossannaschen Kreises.

Von den sehr zahlreichen Arbeiten über die Relativitätstheorie seien nur die allerwichtigsten erwähnt. Von A. Einstein[3]) ist eine populär gehaltene kurze Darstellung erschienen, die aber dem mit den wichtigsten Lehren nicht Vertrauten, wie auch in mehreren Besprechungen betont, wohl nicht recht verständlich sein wird. Eine eingehende Darstellung mehr vom mathematischen Standpunkt aus gibt H. Weyl[4]), der auch fernerliegende Dinge hinzuzieht, um eine möglichst umfassende Darstellung zu bieten. Die notwendigen mathematischen Vorkenntnisse werden ebenfalls behandelt. Endlich eine Schrift von M. Schlick[5]) über Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik, eine ausführliche Darstellung seines im vorjährigen (JB 1918, S 171) Bericht erwähnten Aufsatzes.

Weiter seien zwei Arbeiten von A. Einstein[6]) erwähnt, der in einer die wichtigsten Einwendungen gegen seine Theorie widerlegt und in der zweiten die grundsätzlichen Gedanken der Theorie, das eigentliche Relativitätsprinzip, das Äquivalenzprinzip und das Machsche Prinzip knapp zusammenfaßt. Für den Elektrotechniker wird eine Abhandlung von P. Lenard[7]) sehr interessant sein, der eine Einschränkung des allgemeinen Relativitätsprinzips vorgenommen wissen will; es schließt seiner Meinung nach den Äther nicht aus, vielmehr erscheint eine Mechanik des Äthers einschließlich der Elektrodynamik und der Gravitation nicht als aussichtslos. Er gibt einen elektromagnetischen Mechanismus der Gravitation an, der in gewisser Weise als unabhängig von weitergehenden Annahmen über den Äther betrachtet werden kann. Dieser Mechanismus oder ein ähnlicher müßte sich in Gleichungen fassen lassen, die die Maxwellschen als einen Spezialfall enthalten. Auch G. W. Walker[8]) nimmt an, daß die klassische Elektrodynamik die Perihelbewegung des Merkur ebensogut darzustellen vermag wie die Einsteinsche Theorie.

Von experimentellen Arbeiten, die in dieses Gebiet fallen, sei eine von Q. Majorana[9]) erwähnt, der die Abhängigkeit der Reflexion des Lichts von der Bewegung des reflektierenden Körpers prüft, indem er Spiegel auf einem Rad schnell rotieren läßt und die Verschiebung von Interferenzstreifen in einem Michelson-Interferometer beobachtet. Es ergibt sich dabei, daß die Lichtgeschwindigkeit dadurch nicht verändert wird. Im Anschluß hieran sei auch eine Arbeit von L. Silberstein[10]) erwähnt, der darauf hinweist, daß die verlangte Verschiebung der Fraunhoferschen Linien nach Rot zu astronomisch nicht aufgefunden, und daß die Einsteinsche Theorie der Perihelbewegung des Merkur, die das voraussetzt, damit nicht bestätigt ist. Auch in theoretisch-elektrodynamischer Beziehung ist diese Arbeit von Bedeutung, wobei er besonders darauf hinweist, daß die Maxwellschen Gleichungen insofern in der Relativitäts-

theorie eine besondere Stellung einnehmen, als sie bisher durch keine Beobachtungen einen Widerspruch erfahren haben. P. Zeeman[11]) prüft an einer Drehwage die Gleichheit von träger und schwerer Masse und fand bei keinem der untersuchten Stoffe Unterschiede, die größer als $^1/_3 \cdot 10^7$ waren.

Die Frage nach der Größe der Elektronenladung ist tatsächlich nicht weiter gefördert worden. Insbesondere bleiben die Unterschiede der Ergebnisse von Millikan und Ehrenhaft noch ungeklärt. Der letztere[12]) veröffentlicht eine sehr ausführliche Abhandlung, die auch durch neue Versuche ergänzt ist, in der er darstellt, daß von den vier Methoden der Größenbestimmung der kleinen Teilchen drei, die mechanische, die optische und die strahlungstheoretische, gleiche Zahlen ergeben, während die thermodynamische zu große Werte liefert. Die theoretisch geforderte Elektronengröße ist ebensowenig wie bevorzugte Ladungswerte aufzufinden gewesen. Es fanden sich Ladungen, die bis 150 mal kleiner waren als der theoretische Wert. Eine neue ergänzende Arbeit bringt dann noch die interessante strahlungstheoretische Methode der Größenbestimmung der Teilchen. Eine ausführliche Übersicht über den Stand der ganzen Frage im Ehrenhaftschen Sinne gibt eine Abhandlung von D. Konstantinowsky[13]).

Von allgemeinen elektrodynamischen Arbeiten seien zunächst die von A. Korn[14]) erwähnt. Während er in einzelnen Abschnitten seine Theorie weiter ausführt, faßt er in einer besonderen Abhandlung ihre Grundgedanken kurz zusammen. Er geht davon aus, daß es sehr wohl möglich ist, die elektromagnetischen Erscheinungen auf mechanische oder besser auf mechanische Bilder zurückzuführen. Das gelingt unter Zugrundelegung des d'Alembertschen Prinzips, an dem man nur eine Korrektur anzubringen hat, sobald die Beschleunigungen eine bestimmte Grenze überschreiten. Dessen bisherige Anwendungen bleiben also voll bestehen. Ähnlich ist es ja auch mit der Relativitätstheorie, die auch nur eine gewisse Korrektur darstellt, die nur deswegen eine einfache Form annimmt, weil die Begriffe von Raum und Zeit umgestaltet sind. Er bezeichnet seine Korrektur als eine der Individualität, derart, daß die Elementarpartikel der die elektrischen Teilchen und den Äther zusammensetzenden Materie sich gegen die Aufnahme und Abgabe von Schwingungsenergie zur Wehr setzen, und das um so stärker, je kleiner ihre Schwingungsdauer ist. H. Nagaoka[15]) berechnet die maximale Kraft zwischen zwei konaxialen Kreisströmen, die durch Jacobische Reihen dargestellt wird. Die Rechnung läßt sich einfach und derart genau durchführen, daß er vorschlagen kann, eine solche Messung an Stelle der Pendelbeobachtungen zu Schwerkraftsbestimmungen zu benutzen. P. Caspar[16]) untersucht genauer die Felder in der Umgebung Hertzscher und Abrahamscher Sender, und zwar auf das Vorhandensein von Kreisgebieten, d. h. solcher Gebiete, in denen der Endpunkt des Kraftvektors statt der Ellipse einen Kreis beschreibt. Beim Hertzschen Sender ist theoretisch kein Kreisgebiet vorhanden, trotzdem ein solches experimentell gefunden ist; das liegt daran, daß es zwei sehr nahe kreisförmige Gebiete gibt. Bei Abrahamschen Sendern sind tatsächlich Kreispunkte vorhanden. In einiger Entfernung vom Sender stimmen beide Felder überein.

S. J. Barnett[17]) setzt endlich seine Versuche über Magnetisierung durch Rotation fort (JB 1915, S 197). Sie haben, auf dem Boden der Ampèreschen Theorien stehend, wie auch die Versuche von Einstein und de Haas (JB 1916, S 179) bewiesen, daß Molekularströme vorhanden sind, daß alle bzw. der größte Teil der kreisenden Elektrizität negativer Art ist, daß sie Masse oder Trägheit besitzt, daß endlich unter Zuhilfenahme der klassischen Strahlungstheorie die Anordnung in den Atomen mehr ringartig als planetarisch ist. Während die früheren Versuche nur etwa die Hälfte der theoretisch berechneten Magnetisierung gaben, kommen die jetzigen ihnen bis auf etwa 10% nahe.

Elektrostatik. P. E. Shaw[18]) untersucht das Entstehen von Reibungselektrizität auf verschiedenen Körpern und kann eine triboelektrische Spannungsreihe aufstellen. Diese ist indessen von der Oberflächenbeschaffenheit der Körper sehr stark abhängig. Es verhält sich z. B. poliertes Glas bis zu einer

Tiefe von 0,005 mm hinein ganz anders als die übrige Glasmasse. Auch die Temperatur spielt eine Rolle insofern, als die Körper von einer bestimmten Temperatur ab ihren Platz in der Spannungsreihe ändern. Eine polierte Fläche wird positiv gegen eine gleichartige gewöhnliche, ebenso eine dichtere gegen eine weniger dichte des gleichen Materials. Bei den untersuchten Körpern lassen sich deutlich zwei sich verschieden verhaltende Gruppen unterscheiden.

Thermoelektrizität. R. W. Woodward und T. R. Harrisson[19]) beschreiben die Eigenschaften eines Thermoelementes Chromnickel-Konstantan, das auch in oxydierender Atmosphäre von 1000° längere Zeit brauchbar ist. Seine EMK ist ziemlich hoch, und zwar 63,8 mV bei 1000°. — G. H. Burgeß und H. Scott[20]) benutzen die Thermokräfte, um mit einem Element Eisen-Platin die kritischen Bereiche von reinem Eisen zu untersuchen. Sie finden den Übergang von α- zu β-Eisen bei 768° mit einer nur kleinen Änderung in der Kurve, den von β- zu γ-Eisen mit einer starken Diskontinuität bei etwa 910°.

Von C. Benedicks[21]) liegt nunmehr eine ausführliche Veröffentlichung über den neuen, von ihm gefundenen thermoelektrischen Effekt vor (JB 1917, S 179), das Auftreten von EMKen in einem homogenen Leiter beim Vorhandensein von Temperaturunterschieden. Das Vorzeichen des dem Thomsoneffekt analogen wurde stets mit ihm übereinstimmend gefunden. Es konnten mit seiner Hilfe Thermoelemente aus einheitlichem Metall, als solche erster Art bezeichnet, zusammengesetzt werden, die höhere Spannungen gaben als sonst bekannt. Der hohe Betrag der Wärmeleitfähigkeit von Cu und Ag ist sicher auf solche Thermoströme erster Art zurückzuführen. Bei isolierter Unterteilung, die solche Ströme verhindert, sinkt die Leitfähigkeit für Wärme. Sowohl in festen Körpern wie in Flüssigkeiten muß man bei der Wärmeleitung rein thermische von thermoelektrischen Vorgängen unterscheiden. Auch für die Erklärung der Vorgänge bei Kontaktgleichrichtern scheinen die Beobachtungen von Bedeutung zu sein.

H. Borelius[22]) veröffentlicht eine Reihe mehr theoretischer Arbeiten über die Elektronentheorie der Thermoelektrizität. Die eine untersucht die Vorgänge in Wismut, wobei er zu der Annahme kommt, daß die Richtung der thermoelektrischen Achsen durch Spannungen verschoben sind. Damit lassen sich alle Erscheinungen leicht erklären. Für die Analyse von Mischkristallen ist die thermoelektrische Methode sehr gut brauchbar. Rein theoretisch führt die Untersuchung zu dem Ergebnis, daß die gaskinetische Elektronentheorie anscheinend nicht ohne weiteres haltbar ist, da ihr die Versuchsergebnisse widersprechen. Während man annimmt, daß die Variation der mittleren Energie und der Zahl der freien Elektronen die Ursache für die thermoelektrischen Effekte sind, glaubt er, daß die Variation der Kraftfelder nur nebensächlich ist, während die Veränderungen durch Temperaturausdehnung und Wärmebewegung den Hauptgrund bilden. Das kann auch experimentell nachgeprüft werden. Für die Peltierwärme P und Thermokraft e läßt sich eine sehr genaue Proportionalität der Form $P = e/T$ nachweisen. Der Thomsonkoeffizient σ und die Temperaturabhängigkeit der Thermokraft gegen Cu erfüllen sehr gut die Gleichung $(\sigma_1 - \sigma_2)/T = \mathrm{d}e/\mathrm{d}t$.

Metallische Leitung. Von Arbeiten mehr praktischen Inhalts sei zunächst eine von H. v. Fleischbein[23]) erwähnt, der über die zweckmäßigste Ausführung von Kontakten berichtet und Wolfram als Ersatz von Platin vorschlägt; er gibt auch den Weg an, wie man derartige Kontakte durch Schweißen herstellen kann; vgl. S 161. — T. S. Fuller[24]) untersucht den spezifischen Widerstand einiger Eisenlegierungen, und zwar mit Nickel, Chrom und Kobalt legiert. Die Arbeit entzieht sich wegen der sehr großen Zahl von Angaben über Widerstände, Haltbarkeit gegen Oxydation und über metallurgische Eigenschaften einer gekürzten Wiedergabe. Endlich vergleichen G. Hilpert und M. Schleicher[25]) die berechneten und gemessenen Werte des Widerstandes von Eisenleitern bei technischem Wechselstrom. Die mathematisch gefundene Abhängigkeit der Widerstandsänderung von der Periodenzahl wird durch die Messungen bestätigt. Verwendet

man zur Messung der Permeabilität die effektive Randfeldstärke und die $\mathfrak{B}/\mathfrak{H}$-Kurve für Gleichstrom, so geben die Zenneckschen Formeln die Abhängigkeit der Widerstandserhöhung von der Stromstärke qualitativ gut wieder. Quantitativ müssen die berechneten Werte um 15 bis 30% erhöht werden.

Im Anschluß an gemessene Werte und theoretische Überlegungen versucht E. Grüneisen[26]) in mehreren Arbeiten eine Formel für den Widerstand reiner einatomiger Metalle aufzustellen. Das gelingt indessen nur zum Teil, erst eine Verbesserung der Formel durch ein Korrektionsglied schafft eine günstigere Übereinstimmung. Es gelingt ihm dabei, festzustellen, daß ein recht guter Zusammenhang der atomarmen Leitfähigkeit, d. h. spezifische Leitfähigkeit multipliziert mit dem Atomvolumen bei korrespondierenden Temperaturen mit der Stellung des Metalls im periodischen System der Elemente besteht. Th. Wereide[27]) geht von der Drudeschen Formel für die Leitfähigkeit aus und stellt im Anschluß an Untersuchungen von Lenard neue Formeln für die elektrische und thermische Leitfähigkeit auf. Aus ihnen ergibt sich: Der elektrische Widerstand ist bei höheren Temperaturen der absoluten Temperatur proportional. Die Änderung des Widerstandes hängt in erster Linie von der Änderung des Energieinhaltes der Stoffe ab. Bei tiefen Temperaturen nähert er sich dem Wert Null. Die Widerstandskurven verschiedener Stoffe folgen dabei in der gleichen Reihenfolge wie die Schwingungszahlen der Atome. Im periodischen System ist die Leitfähigkeitskurve von ähnlicher Form wie die der Atomvolumina. Die Leitfähigkeit ist unter sonst gleichen Umständen um so größer, je größer die Elektroaffinität der Atome ist.

Dielektrika. Zunächst sei auf eine Arbeit von W. Estorff[28]) hingewiesen, der von der Ähnlichkeit des elektrischen Feldbildes mit dem Bild der Stromfäden in Elektrolyten ausgeht. Die Niveaulinien werden dabei durch zwei Sonden in der Wheatstoneschaltung gemessen. Genau ebenso kann man die Felder in der Umgebung von Isolatoren ausmessen. Hierfür werden einige praktische Beispiele angegeben.

Mit der Frage der dielektrischen Nachwirkung beschäftigt sich F. Tank[29]) im Anschluß an U. Meyer (JB 1917, S 174), der auf die Zusammenhänge zwischen Nachwirkung und Wechselstromverlust eingeht. Er gibt ein graphisches Verfahren an, um diesen für die Zeit bis zum Beginn der eigentlichen Messung einwandfrei zu extrapolieren, was aber nur bis zu Frequenzen von 100 möglich ist. — W. John[30]) prüft die Dielektrizitätskonstanten von Mischungen fester Körper mit Luft bei Kugel- und Würfelform und fand für die Wienersche Formzahl eine merkliche Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis; die Abhängigkeit ist außerdem für Kugeln und Würfel verschieden. Der Versuch gab eine brauchbare Übereinstimmung mit der Rayleighschen Theorie. — Eine Arbeit von R. Jaeger[31]) ist für die Theorie von Wichtigkeit. Er zeigt, daß die Debyesche Theorie der molekularen Dipole, die zunächst nur für Flüssigkeit gilt, auch auf feste Körper anwendbar ist, und daß die Versuche sie stützen. Daneben findet er, daß die Kirchhoffschen Formeln für Kreisplattenkondensatoren nur dann richtige Werte ergeben, wenn man die Erdkapazität berücksichtigt.

Im wesentlichen praktische Fragen behandelt H. H. Poole[32]), der Dielektrizitätskonstante und Leitfähigkeit von Glimmer in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur untersucht. Die erste steigt ein wenig mit zunehmender Spannung, bis sie einen konstanten Wert von 8,6 erreicht. Mit der Temperatur steigt sie stark an. Der Isolationsstrom läßt sich als Exponentialfunktion des Spannungsgradienten darstellen, durch die Temperatur wird er sehr stark beeinflußt; von 0,058 μA/cm² bei 50° steigt er auf 4,57 μA/cm² bei 227°. — W. Eves[33]) untersucht die Isolationseigenschaften von Vulkanfiber mit sehr großer Ausführlichkeit und stellt seinen Wert als Isolationsmaterial sehr hoch hin. — Endlich bestimmt R. Ambronn[34]) die Leitfähigkeit von Natronkalk-Silikatgläsern, besonders in der Abhängigkeit von ihrem Gehalt an Na_2O und CaO. Nicht der ganze Gehalt daran ist dissoziationsfähig, sondern erst die 11% übersteigenden Atome kommen für die Leitfähigkeit in Frage. In dem nicht dis-

soziationsfähigen Teil ist Na und Ca gleichwertig. Die Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit läßt sich durch die Formel $L = L_0 \cdot e^{-B/T}$ (T absol. Temp.) darstellen.

Lichtempfindlichkeit von Selen. Um genauere Einblicke in die Vorgänge in einer Selenzelle zu erhalten, versucht D. Reichinstein[35]) einen Vergleich mit der Schlömilchzelle durchzuführen und prüft deswegen drei Fragen, das Auftreten von hohen Polarisationen in der Zelle, die Frage, ob zwischen den Elektroden und dem Selen verschieden große EMKe, asymmetrische Becquereleffekte, auftreten, und die Polarisationen bei Diskontinuitäten im Innern fester Stoffe. Aus dem Auftreten von sehr hohen Polarisationen bis zu 5,6 V bei $1{,}6 \cdot 10^{-4}$ A/cm² Stromdichte schließt er, daß eine Selenzelle aus einer Reihe einzelner hintereinander geschalteter Zellen bestehen müsse. Die Polarisationskapazität ist sehr gering. Bei Belichtung sinkt die Polarisation bedeutend. Die Möglichkeit des Vorhandenseins eines unsymmetrischen Becquereleffekts wird an einem andern Beispiel gezeigt, nicht an einer Zelle. Auch der Beweis dafür, daß Diskontinuitäten Polarisationen erzeugen können, wird an dem Beispiel von Graphitstrich- und Goldstrichwiderständen geführt. — Demgegenüber nimmt indessen Chr. Ries[36]) an, daß andere Versuche eher auf eine reine Widerstandsverminderung bei Belichtung hindeuten. Er selbst nimmt an, daß die Auffassung, daß Licht und Wechselstrom gleichartig wirken, nicht zutreffend ist, da der Gleichrichteeffekt bei intensiver Belichtung ebenso wie bei Herabsetzung des Widerstandes durch andere Mittel zurückgeht. — W. S. Gripenberg[37]) teilt mit, daß man den Dunkelwiderstand von Selenzellen durch Schleifen stark heraufsetzen kann. Das hat seinen Grund wohl darin, daß die Reibungswärme eine Umwandlung in eine glasige Modifikation bewirkt.

Wechselströme und Hochfrequenz. J. B. Hubbard[38]) beschäftigt sich mit der verteilten Kapazität in einlagigen Selenoiden. Er findet, daß die Beziehung zwischen dem Quadrat der Periode und der äußeren Kapazität der Spule sehr genau linear verläuft, bis zur freien Eigenperiode der Spule. Für Spulenlängen gleich dem Durchmesser ist die verteilte Spulenkapazität praktisch numerisch gleich dem Spulenradius in cm. Bei viermal vergrößerter Spulenlänge ist sie um etwa 25% größer. — G. Duffing[39]) veröffentlicht eine Schrift über die erzwungenen Schwingungen bei veränderlicher Eigenfrequenz in ihrer technischen Bedeutung. Der von ihm behandelte Fall ist der, daß die Eigenfrequenz von der Amplitude abhängt, wie es bei elektromagnetischen Schwingungskreisen mit Eisen, Parallelbetrieb von Synchronmaschinen, beim Durchlaufen raschlaufender Maschinen durch die kritische Drehzahl der Fall ist. Wegen der sehr vielen interessanten Einzelheiten eignet die Arbeit sich nicht zu einer kurzen Wiedergabe. Es sei auf sie selbst hingewiesen. — Fragen, die für den Bau von Induktionsapparaten von Wichtigkeit sind, untersucht E. T. Jones[40]); er prüft die Abhängigkeit des Schließungspotentials von den verschiedenen Konstanten des Stromkreises, um es ohne Änderung des Öffnungspotentials möglichst zu verringern. Er findet, daß man mit möglichst kleiner EMK und kleinem gegenseitigem Induktionskoeffizienten arbeiten muß, was man durch Entfernen der primären Spule und des Eisenkerns aus der symmetrischen Lage erreichen kann. Das ergibt gleichzeitig eine Verstärkung des Öffnungspotentials. Auch ein Vorschalten einer Selbstinduktion und der Primärspule übt einen ähnlichen Einfluß aus. Versuche bestätigen die Theorie. Auch auf eine Arbeit von H. Görges[41]) über die Gleichgewichtszustände in einer Reihenschaltung von Induktionsspule und Kapazität sei hingewiesen. Die Arbeit ist insofern noch besonders interessant, als sie im wesentlichen die Untersuchungen mit geometrischen Konstruktionen durchführt. Endlich behandelt H. Wiesinger[42]) das Problem der Erregung elektromagnetischer Schwingungskreise durch Beladen mit magnetischer Energie. Er findet, daß der Wirkungsgrad der Schwingungserregung eines elektromagnetischen Systems, wenn man einen in seiner Induktivität fließenden Strom unterbricht, sehr klein ist. Der Grund dafür liegt in der Funkenbildung. Man kann die Vorgänge quantitativ verfolgen,

wenn man die kritische Stromstärke feststellt, d. h. die, bei der der Unterbrechungsfunke gerade verschwindet. Es ergeben sich daraus einige Folgerungen für den Bau von Funkeninduktoren.

Mit dem Dessauerschen Hochspannungstransformator beschäftigt sich eine Arbeit von E. Welter[43]). Er findet, daß bei jener Anordnung Glimmerscheinungen fehlen. Sie gestattet daneben, in Verbindung mit Glühkathodenröhren zu dem Teil des Röntgenspektrums zu kommen, das eine gleiche Wirkung gibt wie die γ-Strahlung des Radiums B. Es würde z. B. bei 308 kV eine Wellenlänge von $1{,}42 \cdot 10^{-9}$ mm erreicht, während die härteste K-Linie des Radiums B $1{,}37 \cdot 10^{-9}$ mm Wellenlänge hat. Es besteht auch die Möglichkeit, durch Gleichrichtung jener Hochspannung elektrostatische Scheidungsanlagen, wie Rauchverzehrung und Entstaubung, mit Erfolg in Betrieb zu setzen.

Mit den Entladungsvorgängen beschäftigen sich zwei Arbeiten. W. Estorff[44]) untersucht die Kugelfunkenstrecke. Er mißt bei verschiedenen Kugeldurchmessern Kapazität und Potentialverteilung, desgleichen die Funkenspannungen für die verschiedenen Schlagweiten. Es fand sich ein theoretischer Zusammenhang zwischen Spannungsdifferenz der Kugeln und Feldstärke auf der Oberfläche einer von ihnen in der Mittellinie. Diese Feldstärke läßt sich für jede Schlagweite bei der Funkenspannung berechnen. Es ist das die elektrische Festigkeit der Luft. Sie ist nur abhängig von dem Durchmesser der Elektroden und nicht von ihrem Abstand. Kennt man die Abhängigkeit der Festigkeit der Luft vom Kugeldurchmesser, so kann man für jeden dieser die Funkenspannung bei einer bestimmten Schlagweite berechnen. Bei der Koronaentladung zwischen einem Zylinder und einem axialen Draht entdeckten A. M. Tyndall und N. S. Searle[45]) einen plötzlichen Druckanstieg. Er entsteht infolge einer raschen Wärmeentwicklung und ihrer Verteilung durch den el. Wind.

Die besonderen Fälle der elektrischen Wechselströme in Leitungen behandeln folgende Arbeiten: W. Kummer[46]) ist es gelungen, die früher veröffentlichte Methode der Lösung der Zustandsgleichung eines Hochspannungskabels, die für eine praktische Berechnung sehr unbequem ist, so umzuformen, daß sie praktisch brauchbar wird, ohne an Genauigkeit einzubüßen. Sie gestattet einen beliebigen Belastungszustand durch eine Übereinanderlagerung des Leerlauf- und des Kurzschlußzustandes auszudrücken. — Die Charakteristik von Fernsprechleitungen mit Pupinspulen bestimmt man unter der Annahme, daß die Spulenkonstanten über die ganze Leitung gleichmäßig verteilt sind. Infolgedessen läßt sich die Charakteristik nur angenähert bestimmen. L. Schultheiß[47]) gibt nun ein Verfahren zur genaueren Bestimmung an und beweist seine Brauchbarkeit durch Versuche. Es zeigt sich auch, daß die in der Praxis mehrfach beobachteten Unstimmigkeiten zum Teil auf eine ungleichmäßige Spulenverteilung zurückgeführt werden können.

Mehrere Arbeiten behandeln die Einschaltvorgänge an Spulen. J. Lißner[48]) weist auf die mathematischen Schwierigkeiten des Problems hin, die eine allgemeine Lösung der Probleme mit den heutigen Hilfsmitteln zunächst unmöglich machen. — Die folgenden Arbeiten sind durch die Abhandlung von Böhm (JB 1918, S 38, 54, 176) angeregt. K. W. Wagner[49]) untersucht das Verhalten einer Spule endlicher Windungszahl beim Eindringen einer periodischen Welle, sodann das gleiche für eine homogene Spule mit unendlich vielen Windungen. Er stellt dabei einen Fehler in der Arbeit von Böhm fest. Er berechnet die Resonanz- und Eigenfrequenzen der Spule und endlich die Ausbreitung der Wellen in einer einseitig begrenzten Spule. Die Arbeit enthält überdies eine wertvolle Zusammenfassung der wichtigsten Eigenschaften einer Spule gegenüber periodischen Wellen. — Von W. Rogowski[50]) liegen über dieses Problem mehrere Arbeiten vor. Zunächst untersucht er den Vorgang an der mathematisch verhältnismäßig einfach behandelbaren langgestreckten Spule aus zwei Windungen. Bei einer bestimmten Eigenfrequenz tritt kein Strom in die Spule ein. Man muß zwei Arten von Eigenfrequenzen unterscheiden, die so zu charakterisieren sind, daß bei ihnen Strom- bzw. Spannungsresonanz eintritt. Die Spannung kann

dabei bis zu abnormer Höhe ansteigen. Die Spule aus vielen Windungen kann sich grundsätzlich davon nicht unterscheiden. Eine kritische Frequenz, d. h. eine obere Grenze der Eigenfrequenz ist nicht auffindbar; es ist indessen der Fall nicht ausgeschlossen, daß Vorgänge auftreten, die an kritische Frequenzen erinnern. Drei weitere Arbeiten untersuchen das Verhalten von Spulen gegen Wanderwellen. Bei einer langgestreckten schmalen Rechtecksspule liegen beim Anlegen einer Gleichspannung die gefährdeten Stellen nahe an der Rückseite bei der Drahtmitte. Hält ihre Isolation nicht die doppelte normale Spannung aus, so wird sie durchschlagen. Die Überspannung infolge Eigenschwingungen der Spule wirkt nicht nur einmal, sondern in regelmäßiger Folge. Sehr hohe Überspannungen treten auf, wenn eine solche Spule über ein Kabel eingeschaltet wird, dessen Länge mit der Länge der Spulenseite übereinstimmt. Ist die Charakteristik des Kabels klein genug gegenüber der der Spule, so werden die Resonanzspannungen so groß, daß bestimmt ein Durchschlagen eintritt.

Im nachstehenden sind dann einige Arbeiten physikalischen Inhalts zusammengestellt, die im wesentlichen für die drahtlose Telegraphie von Bedeutung sind. So untersucht B. van der Pol[51]) die Leitfähigkeit des Seewassers bei den Frequenzen der drahtlosen Telegraphie. Er findet seinen Widerstand als unabhängig von der Periodenzahl bis zu 10^6 Perioden; sein spezifischer Widerstand liegt zwischen 1 bis $5 \cdot 10^{-11}$ elektromagnetischen Einheiten. Eine Untersuchung über Funkenwiderstände veröffentlicht F. Beaulard de Lenaizan[52]). Der Widerstand nimmt mit der Funkenlänge stark ab, vorausgesetzt, daß er eine Schwingungsentladung ist. Er ist nicht als Widerstand eines metallischen Leiters anzusehen. Berücksichtigt man die Ladungsenergie des Funkens, so findet man, daß bei stets gleicher Energie der Funkenwiderstand angenähert mit seiner Länge zunimmt. Es ist dabei ein Maximum vorhanden. — G. Vallauri[53]) bringt eine Theorie des Audions mit vielen praktischen Angaben und W. N. McLachlan[54]) eine Theorie der Stromtransformatoren mit Eisenkern für Hochfrequenz mit mehreren zahlenmäßig durchgeführten Beispielen. — F. Breisig[55]) beschreibt ein mechanisches Modell eines funkentelegraphischen Empfangssystems mit geringer Dämpfung, wobei sich besonders gut die Verhältnisse bei geringer Verstimmung und die Koppelungsvorgänge darstellen lassen.

Zum Schluß sei auf eine Arbeit von B. Liebowitz[56]) über die quantitativen Beziehungen in Detektorkreisen hingewiesen. Er unterscheidet zwischen vollkommenen Detektoren, die in einer Richtung einen konstanten, in der andern einen unendlich großen Widerstand besitzen, und den angenäherten, wie es die Kristalldetektoren sind. Beim Empfang ungedämpfter Wellen zerlegt man den Wellenzug oder macht ihn durch das Heterodynverfahren hörbar; dieses Verfahren liefert bei vollkommener Gleichrichterwirkung gerade die vierfache Energie für den Hörer wie das Zerlegungsverfahren. Für Kristalldetektoren werden die Beziehungen zwischen dem gleichgerichteten und dem Radiofrequenzstrom bei bekannter Charakteristik abgeleitet, ebenso zwischen diesem und dem Schwebungsfrequenzstrom beim Heterodynverfahren. Auch hier gibt dieses die vierfache Energie. Durch Ausnutzung der geeigneten Stelle der Charakteristik kann man noch höhere Leistungen erhalten.

Elektronentheorie. Über Glühelektronen liegen zwei Arbeiten vor. M. v. Laue[57]) untersucht theoretisch die wichtigsten Begriffe über Glühelektronen. Im Gleichgewichtszustand bilden sie eine der Glühelektrode anliegende Schicht, die eine das Elektrodenmaterial und die Temperatur kennzeichnende Energie, Entropie, Ladung für die Flächeneinheit und negative Oberflächenspannung haben. Die Grenzdichte ist als Funktion der Temperatur durch die Stellung der Elektrode in der Voltaschen Spannungsreihe und eine universelle chemische Konstante der Elektronenschicht bestimmt. Die betreffende Formel stimmt offenbar mit der Richardsonschen überein. Wenn auch die Glühkathodenröhre sehr schwache Wechselströme der Messung zugänglich macht, so sind diese Verfahren doch, wie W. Schottky[58]) zeigt, durch die Größe der Elektronen-

ladung und die Wärmebewegung Schranken gesetzt. Infolge der Wärmebewegung treten Dauerschwingungen geringer Amplitude auf, die sich bei der Verstärkung bemerkbar machen müssen. Die Leistung, die zur Aufrechterhaltung einer Schwingung der mittleren Energie der Wärmebewegung notwendig ist, liegt einige Zehnerpotenzen unter der heute noch aufnehmbaren Leistung. Bei verdünnten Gasen und Hochvakuum-Glühkathodenentladungen sind die mittleren Stromschwankungen durch die Größe der Elektronenladung bestimmt. Die mittlere Leistung, die aus diesem Grunde zu Störungen Veranlassung geben kann, kann bereits bei den jetzt gebräuchlichen Schaltungen bemerkbar werden.

Von Arbeiten, die näher auf das Bohrsche Atommodell eingehen, sei zunächst ein allgemeine zusammenfassender Bericht von G. Großmann[59]) über Strahlung, Elektrizität und Materie erwähnt. Sodann eine Abhandlung von M. Born und A. Landé[60]), die darauf hinweisen, daß die Atomabstände in Molekülen und Kristallen trotz der gegenseitigen Anziehung nicht verschwinden. Es muß neben der umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung wirkenden Kraft noch eine Abstoßungskraft vorhanden sein, die umgekehrt proportional der vierten Potenz des Abstandes wirkt. Mit der Frage der kürzesten Wellenlängen beschäftigen sich O. W. Richardson und C. B. Bazzoni[61]). Die kürzesten ultravioletten Längen liegen nach Schumann bzw. Lyman bei 0,185 μ bzw. 0,060 μ, während die längsten Röntgenwellen erst bei 0,0001 μ anfangen. Um diese Lücke auszufüllen, wurden im Helium Thermionenströme erzeugt, die Wellen bis zu 0,042 μ aussandten. Die Wellenlänge dieser Strahlung ließ sich nicht photographisch feststellen, sondern wurde aus der Geschwindigkeit der Elektronen berechnet, die sie an einer Metallplatte auslösten. Diese Elektronengeschwindigkeit wurde aus der Stärke eines Magnetfeldes bestimmt, das sie in eine Kreisbahn von bekanntem Radius zwang. Gleichzeitig ließen sich dabei die Grenzschwingungen feststellen, d. h. die Stellen, an denen sich nach allen Serienformeln die Linien im Ultraviolett häufen. Eine solche Grenzstelle ergab sich zu 0,047 — 0,042 μ, während sich nach der Quantentheorie 0,0422 berechnet.

Kathoden- und Kanalstrahlen. Zur Entstehung der Kathodenstrahlen bemerken E. Meyer und H. Schüler[62]), daß ein für sie undurchlässiger Körper sowohl nach der Kathode zu, wie nach der Anode hin Schatten wirft. Daraus folgt, daß die Aussendung von Kathodenstrahlen durch den Aufprall der Kanalstrahlen bedingt sein muß. Eine Nachprüfung für den Fall, daß dem Kathodendunkelraum ein Magnetfeld überlagert wird, gibt völlige Übereinstimmung mit der Theorie. — Mit der Bewegung der Ionen und Elektronen durch Gase hindurch beschäftigt sich E. M. Wellish[63]). Es gewinnt den Anschein, als ob das Elektron eine größere als die thermische Bewegung bei gewöhnlicher Temperatur besitzen muß, um eine dauernde Vereinigung mit einem Molekül einzugehen. Es fanden sich keine Anzeichen dafür, daß sich die Natur der Ionen mit abnehmendem Druck ändert. — Bei Ionisationsmessungen im Geißlerrohr findet E. Rumpf[64]), daß an keiner Stelle des Rohres Sättigungsströme auftreten. Die Ionisation erreicht im negativen Glimmlicht ihr Maximum, ist unabhängig vom Druck und proportional der Hauptstromstärke. Wasserstoff und Luft zeigen keine wesentlichen Unterschiede. Im Sättigungsstrom sind $6 \cdot 10^{13}$ Ionen im cm^3 Gas anzunehmen. — F. Skaupy[65]) prüft das Entstehen der Druckdifferenzen in stromdurchflossenen Edelgasröhren, wobei der höhere Druck an der Anode liegt. Das ist für die Entmischung von Gasgemischen von Bedeutung. Auch kann man in Apparaten, die solchen Röhren parallelgeschaltet sind, Gaszirkulationen hervorrufen. Bei der Lichterzeugung durch elektrische Entladung in Gasen, deren Ökonomie stark von der Gasdichte abhängt, wird sich die günstigste Druckverteilung nicht im ganzen Rohr aufrechterhalten lassen. Der zu wählende Gasdruck ist von vornherein durch die später entstehende andere Verteilung des Druckes bestimmt. — Endlich untersuchen G. M. J. Mc Kay und C. V. Ferguson[66]) den Verlust einer Wolframelektrode in einer Wasserstoffatmosphäre. Sie finden, daß die Kathode an Gewicht zunimmt,

während die Anode dabei an Gewicht einbüßt. Dieser Gewichtsverlust läßt sich durch Verdampfen erklären. Ein Teil der verdampften geladenen Atome wandert zur Kathode. Für etwa 10^{-4} Ladungseinheiten wird ein Atom überführt.

E. Goldstein[67]) beschreibt in einer ausführlichen Mitteilung eine große Reihe von Leuchterscheinungen, die unter verschiedenen Bedingungen an der Anode auftreten. Es zeigt sich, daß diese Vorgänge ganz unverhältnismäßig viel vielseitiger sind als die Erscheinungen an der Kathode. — M. Wolfke[68]) setzt seine Versuche über Kanalstrahlen weiter fort (JB 1917, S 179) und findet, daß die positiven Kanalstrahlenteilchen (Sauerstoff- und Stickstoffionen) bei Auftreffen auf Aluminiumfolien eine durchdringende Strahlung erregen. Die früher ausgesprochene Vermutung, daß die Kanalteilchen die charakteristische Röntgenstrahlung der schweren Metalle erregen können, bestätigt sich nicht. Es scheint vielmehr, daß es sich dabei um eine sehr weiche Strahlung handelt. Daß negative Ladungen beim Auftreffen von Kanalstrahlen abgegeben werden, ist bekannt. W. Voelker[69]) findet das gleiche für positive Ladungen beim Auftreffen auf Lithiumchlorid und Kalziumsulfat. Die Geschwindigkeit der auftreffenden Kanalstrahlen muß dabei so groß sein, daß sie auf der Oberfläche des Salzes die Metallserienlinien anzuregen vermag. Als Träger der Serienlinien ergibt sich das positive Atom jener Elemente. — Zum Schluß sei auf zwei Arbeiten von J. Stark[70]) über den Zusammenhang zwischen Kathodenstrahlen und Nordlicht hingewiesen. Während Birkeland und Lenard es für Kathodenstrahlen und Vegard für Kanalstrahlen hält, will er nachweisen, daß das Vorhandensein von N-Bogenlinien auf Strahlen positiver Atome bzw. Moleküle hindeutet. Eine bestimmte Spektrallinie tritt nur beim Vorhandensein von Wasserstoff auf. Welche Elemente sonst noch dabei beteiligt sind, ist nicht sicher, der Wechsel der beteiligten Elemente ist jedenfalls ein Grund für den Farbenwechsel bei Nordlicht. Die Geschwindigkeit der Strahlen muß zwischen 10^7 bis 10^8 cm/s liegen. Die Aberration des Nordlichts, d. h. das Vorauseilen des täglichen Höchstwertes vor der magnetischen Mitternacht infolge der nicht zu vernachlässigenden Erdgeschwindigkeit gegenüber der der Nordlichtstrahlen bestätigt jenen Wert. Die kleinen Geschwindigkeiten entsprechen einem grüngelben Licht, die großen einem rötlichen.

Röntgenstrahlen. Von Arbeiten allgemeiner Art sei zunächst eine von R. Glocker[71]) über die Gesetze der Absorption der Röntgenstrahlen erwähnt. Um die Absorptionseigenschaften eines Elementes vollständig zu beschreiben, sind folgende Angaben nötig: 1. Spektrale Lage der selektiven Absorptionsstellen; 2. Zahlenwerte der beiden Konstanten in der Gleichung zwischen Absorptionskoeffizienten und Wellenlänge, für jeden Spektralbezirk zwischen zwei selektiven Stellen; 3. Größe des Sprungs im Absorptionskoeffizienten für jede dieser selektiven Stellen. Das Absorptionsverhalten eines Elementes in den Spektralgebieten beiderseits der Absorptionsbandkante λ_A der K-Serie läßt sich durch eine einfache Gleichung darstellen. Sie liefert ein das ganze technische Strahlungsgebiet umfassendes Absorptionsgesetz für alle Elemente mit einer Ordnungszahl kleiner als 70 im periodischen System. — Die Arbeiten von Dessauer mit seinem neuen Hochspannungstransformator kritisiert J. E. Lilienfeld[72]) und weist auf Fehler, neben seiner geringeren Leistung im Vergleich zu sonst üblichen Transformatoren, bei Messung der Absorptionskoeffizienten infolge von Streustrahlung hin. Wegen sehr kräftiger Absorption von Strahlen, welche kurzwelliger als die *Pb*-Bandkante sind, ist es unzulässig, Blei als Filter zum Aufsuchen kurzwelliger Strahlung zu benutzen. Eine zusammenfassende Darstellung der Dessauerschen Arbeiten bringt ein Bericht von P. Cermak[73]). — W. Stenström[74]) findet neben den bekannten K- und L-Strahlen noch eine neue Reihe — M-Reihe — sehr weicher Strahlen für 16 Elemente von Uran bis Dysprosium. — E. Wagner[75]) bestimmt mit dem Braggschen Kristallspektrometer die Intensität einer homogenen Strahlung als Funktion des Entladungspotentials. Daraus berechnet sich das Plancksche Elementarquantum zu $6{,}49 \cdot 10^{-27}$. Dieser Wert, der auf etwa 0,5% zuverlässig sein soll, liegt nur wenig niedriger als die

bisher nach verschiedenen Methoden bestimmten Werte. Man gewinnt damit gleichzeitig die Sicherheit, daß die Berechnung der Kristallkonstanten in der üblichen Art mit sonstigen Zahlenwerten aus anderen Gebieten gut zusammengeht. Eine genauere Bestimmung nach dem gleichen Verfahren ist möglich und soll ausgeführt werden. — Das Problem der Einflüsse der Sekundärstrahlung auf die Bestimmung des Härtegrades behandelt auch Th. Christen[76]). Man muß drei Arten sekundärer Strahlung unterscheiden: sekundäre β-Strahlung (Elektronen), Fluoreszenzstrahlung und Streustrahlung. Bei harten Strahlen darf die sekundäre Strahlung nicht vernachlässigt werden. Bei Härtebestimmungen aus der Halbwertsschicht muß man drei Werte unterscheiden, die der reinen Absorption, eine hypothetische Schicht der reinen Streuung und eine aus beiden kombinierte, die die praktisch meistens gebrauchte ist. Bei den üblichen Methoden ist auch nur diese meßbar. Auch Größe und Form des durchstrahlten Raumes sind auf die Wirkung von Einfluß.

H. v. Dechend, H. Iten und H. Wintz[77]) messen die Primärstrahlung der gebräuchlichen Röhren. Der Homogenitätspunkt liegt für 2,5 mA für die Lilienfeldröhre mit Hochspannungswiderstand bei 7,5 mm Aluminium, mit Zündinduktor bei 6 mm, für die selbsthärtende Siederöhre bei 10 mm, für die Coolidgeröhre bei 14 bis 15 mm. Das Strahlengemisch der ersten Röhren ist demnach sehr ähnlich, das der Coolidgeröhre wesentlich unhomogener. Die höchsten Härten, die bei allen erreicht werden können, sind etwa gleich und entsprechen einer Halbwertsschicht von 11 mm Aluminium.

Von Arbeiten über die Kristallstruktur seien nur die allerwichtigsten erwähnt. So eine ausführliche Arbeit von W. Voigt[78]), die die Resultate der geometrischen Strukturtheorien für die Zwecke der Anwendung darstellt, und eine von A. Johnson und O. Toeplitz[79]), die eine vereinfachte Methode zum Auswerten der Versuche in der Anordnung von Debye und Scherrer mitteilen.

Das spezielle Raumgitter von Aluminium behandelt P. Scherrer[80]). Er findet ein einfaches flächenzentriertes kubisches Gitter mit einer Kantenlänge von $4{,}07 \cdot 10^{-8}$ cm mit vier Atomen im Elementarbereich. Für die angewendete Kupfer-K-Strahlung fand er daneben, daß sie ein Dublett mit einer Wellenlängendifferenz von $0{,}0043 \cdot 10^{-8}$ cm ist, was theoretisch von Wichtigkeit ist. Metallographisch wichtig ist, daß Al und Au trotz sehr großer Übereinstimmung in Gitterkonstante, Gitteranordnung und Atomvolumen keine lückenlose Reihe von Mischkristallen aufweisen. Jene Werte allein sind also nicht maßgebend für die Mischbarkeit in jedem Verhältnis. — Mehr von theoretischem Interesse und für die Frage des Atombaus wichtig sind Arbeiten von L. Vegard[81]) und F. Reiche und A. Smekal[82]). Jener geht ausführlich auf die Ringanordnung der Elektronen im Atom ein und bringt sie in Beziehung zu dem Auftreten der verschiedenen Strahlenserien und der Linien in ihnen. Seine Theorie kommt dabei allerdings bei der Erklärung der radioaktiven Erscheinungen zu Folgerungen, die mit den bestehenden Anschauungen nicht ohne weiteres in Einklang zu bringen sind. So weisen auch diese darauf hin, daß jene und ähnliche Theorien nicht mit den Ergebnissen der Versuche in Übereinstimmung stehen. Sie betonen aber, daß Vorschläge von Kossel zu keinen Unterschieden gegen das Experiment führen.

Radioaktivität. In einer gemeinsamen Veröffentlichung haben sich die namhaftesten deutschen und österreichischen Radiumforscher auf einheitliche Bezeichnungen der verschiedenen Radiostoffe geeinigt[83]).

Die kurze Lebensdauer von Aktinium zeigt, daß es kein primäres Element sein kann. Sein Vorgänger ist das jetzt von O. Hahn und L. Meitner[84]) dargestellte Protaktinium, ein nicht nur langlebiges radioaktives, sondern auch chemisch verarbeitbares Element. Es wird aus den in Salpetersäure unlöslichen Rückständen der Pechblende dargestellt. Es ist 100mal stärker aktiv als die gleiche Gewichtsmenge Uran; seine Lebensdauer beträgt mehrere tausend Jahre. L. Meitner[84]) bestimmt auch die Halbwertszeiten mehrerer Radiostoffe genauer und fand das Gesetz bestätigt, daß die Menge zweier gleich viel

α-Strahlen aussendender radioaktiver Stoffe, auch wenn sie nicht der gleichen Zerfallsreihe angehören, sich wie ihre Halbwertszeiten verhalten.

Mit der Absorption und Zerstreuung von γ-Strahlung, das sich von dem gleichen Problem bei den Röntgenstrahlen nicht wesentlich unterscheidet, beschäftigen sich M. Ishino[85]) und K. W. F. Kohlrausch[86]). Jener findet (vgl. oben), daß stets bei den Messungen ein Mittelwert aus Absorption und Zerstreuung gefunden wird; er bestimmt beide Koeffizienten direkt und stellt fest, daß der Massenzerstreuungskoeffizient, d. h. jener Koeffizient, dividiert durch die Dichte, von der Substanz unabhängig ist. Der Massenabsorptionskoeffizient ergab sich für Al, Pb und Fe mehr gleich. Die Arbeiten von diesem entziehen sich einer gekürzten Wiedergabe. Die eine von ihnen enthält einen zusammenfassenden Bericht.

E. Rutherford[87]) findet, daß die härteste Strahlung einer Coolidgeröhre bei 196 kV eine Wellenlänge von $0{,}6 \cdot 10^{-6}$ mm besitzt. Die härteste Strahlung von Radium C muß eine Wellenlänge zwischen 0,2 und $0{,}07 \cdot 10^{-6}$ mm haben. Man würde bis $20 \cdot 10^5$ V zu ihrer Erzeugung im Röntgenrohr brauchen. Etwas ähnliches gilt für die β-Strahlung. K. W. F. Kohlrausch[88]) findet für die γ-Strahlung entsprechend $0{,}6 \cdot 10^{-6}$ mm.

Die durch die radioaktiven Untersuchungen angeregte Frage nach der Definition eines chemischen Elementes wird dauernd weiter behandelt, ohne daß eine Einigung zu erzielen ist. Es sei hier nur auf zwei Arbeiten von H. Remy[89]) und F. Paneth[90]) verwiesen.

Zum Schluß sei eine Abhandlung von V. F. Heß und W. Schmidt[91]) erwähnt, die die Verteilung radioaktiver Gase in der Atmosphäre zum Gegenstand hat. Thorium- und Aktiniumemanation können sich nur in den alleruntersten Schichten bemerkbar machen. Die Halbwertshöhe, d. h. die Höhe, in der nur die Hälfte der am Erdboden befindlichen Menge vorhanden ist, bestimmt sich für Radiumemanation zu 1200 m, für Thorium- und Aktiniumemanation zu 1 bis 2 m. Diese aus bekannten theoretischen Gesetzen abgeleiteten Werte stimmen mit den tatsächlich beobachteten sehr gut überein.

[1]) F. Emde, J. math.-naturw. Unterr. Bd 48, S 358. — [2]) F. Punga, El. Masch.-Bau S 4. — [3]) A. Einstein, Über die allgemeine u. spezielle Relativitätstheorie, Braunschweig 1917. — [4]) H. Weyl, Raum, Zeit, Materie, Berlin 1918. — [5]) M. Schlick, Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik, Berlin 1917. — [6]) A. Einstein, Naturwiss. S 697; Ann. Phys. R 4, Bd 55, S 241. — [7]) P. Lenard, JB Rad. El. S 117. — [8]) G. W. Walker, Phil. Mag. R 6, Bd 35, S 327. — [9]) Q. Majorana, Phil. Mag. R 6, Bd 35, S 163. — [10]) L. Silberstein, Phil. Mag. R 6, Bd 36, S 94. — [11]) P. Zeeman, Versl. K. Akad. Wetensch. Amsterd. Bd 26, S 451. — [12]) F. Ehrenhaft, Ann. Phys. R 4, Bd 56, S 1, 81. — [13]) D. Konstantinowsky, Naturwiss. S 429. — [14]) A. Korn, ETZ S 363. — Phys. Z. S 10, 201, 234, 327, 426. — [15]) H. Nagaoka, Phil. Mag. R 6, Bd 35, S 13. — [16]) P. Caspar, JB drahtl. Telegr. Bd 13, No 2. — [17]) S. J. Barnett, Phys. Rev. R 2, Bd 10, S 7. — [18]) P. E. Shaw, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 209. — [19]) R. W. Woodward u. T. R. Harrisson, Z. angew. Chem., 19. Juli 1918. — [20]) G. K. Burgeß u. H. Scott, J. Washingt. Ac. Bd 6, S 650. — C. R. Bd 163, S 30. — [21]) C. Benedicks, C. R. Bd 165, S 391, 425. — Ann. Phys. R 4, Bd 55, S 1. — [22]) H. Borelius u. A. F. Lindh, Ann. Phys. R 4, Bd 53, S 97. — H. Borelius, Ann. Phys. R 4, Bd 53, S 615; Bd 56, S 388; Bd 57, S 231. — [23]) H. v. Fleischbein, ETZ S 445. — [24]) T. S. Fuller, Gen. El. Rev. Bd 20, Heft 7. — [25]) G. Hilpert u. M. Schleicher, Arch. El. Bd 7, S 144. — [26]) E. Grüneisen, Phys. Z. S 382. — Verh. D. Phys. Ges. S 36, 53. — [27]) Th. Wereide, Ann. Phys. R 4, Bd 55, S 589. — [28]) W. Estorff, ETZ S 53. — [29]) F. Tank, Verh. D. Phys. Ges. S 3. — [30]) W. John, Ann. Phys. R 4, Bd 55, S 299. — [31]) R. Jaeger, Ann. Phys. R 4, Bd 53, S 409. — [32]) H. H. Poole, Electr. (Ldn.) Bd 81, S 129. — [33]) W. Eves, Electr. (Ldn.) Bd 81, Nr 13. — [34]) R. Ambronn, Phys. Z. S 401. — [35]) D. Reichinstein, Z. f. wiss. Photogr. 1917, S 16. — [36]) Chr. Ries, Z. f. Feinmech. S 1. — [37]) W. S. Gripenberg, Phys. Z. S 429. — [38]) J. B. Hubbard, Phys. Rev. R 2, Bd 9, S 529. — [39]) G. Duffing, Erzwungene Schwingungen, Sammlung Vieweg 41/42. — [40]) E. T. Jones, Phil. Mag. R 6, Bd 33, S 322. — [41]) H. Görges, ETZ S 101. — [42]) H. Wiesinger, Ann. Phys. R 4, Bd 55, S 401. — [43]) E. Wel-

ter, ETZ S 373. — [44]) W. Estorff, Beiträge zur Kenntnis der Kugelfunkenstrecke, Berlin 1917. — [45]) A. M. Tyndall u. N. S. Searle, Phil. Mag. R 6, Bd 35, S 261. — [46]) W. Kummer, ETZ S 84. — [47]) L. Schultheiß, ETZ S 273. — [48]) J. Lißner, El. Masch.-Bau S 513. — [49]) K. W. Wagner, Arch. El. Bd 6, S 301. — [50]) W. Rogowski, Arch. El. Bd 6, S 265, 377; Bd 7, S 17, 33. — [51]) B. van der Pol, Phil. Mag. R 6, Bd 36, S 88. — [52]) F. Beaulard de Lenaizan, C. R. Bd 160, S 678. — [53]) G. Vallauri, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 438; Bd 13, S 25 — [54]) W. N. Mc Lachlan, JB drahtl. Telegr. Bd 13, S 181. — [55]) F. Breisig, JB drahtl. Telegr. Bd 13, S 2. — [56]) B. Liebowitz, JB drahtl. Telegr. Bd 12, S 451. — [57]) M. v. Laue, JB Rad. El. S 205, 257. — [58]) W. Schottky, Ann. Phys. R 4, Bd 57, S 541. — [59]) G. Großmann, El. Masch.-Bau S 402. — [60]) M. Born u. A. Landé, Naturwiss. S 525. — [61]) O. W. Richardson u. C. B. Bazzoni, Phil. Mag. R 6, Bd 34, S 285. — [62]) E. Meyer u. H. Schüler, Ann. Phys. R 4, Bd 56, S 507. — [63]) E. M. Wellish, Phil. Mag. R 6, Bd 34, S 33. — [64]) E. Rumpf, Ann. Phys. R 4, Bd 53, S 373. — [65]) F. Skaupy, Verh. D. Phys. Ges. S 264. — [66]) G. M. J. Mc Kay u. C. V. Ferguson, Phys. Rev. R 2, Bd 9, S 573. — [67]) E. Goldstein, Verh. D. Phys. Ges. S 123. — [68]) M. Wolfke, Phys. Z. S 205. — [69]) W. Voelker, Ann. Phys. R 4, Bd 57, S 257. — [70]) J. Stark, Naturwiss. S 145, 397. — [71]) R. Glocker, Phys. Z. S 66. — [72]) J. E. Lilienfeld, Verh. D. Phys. Ges. S 159. — [73]) P. Cermak, Naturwiss. S 139. — [74]) W. Stenström, Ann. Phys. R 4, Bd 57, S 347. — [75]) E. Wagner, Ann. Phys. R 4, Bd 57, S 401. — [76]) Th. Christen, Fortschr. Röntgenstr. Bd 25, S 55. — [77]) H. v. Dechend, H. Iten u. H. Wintz, Fortschr. Röntgenstr. Bd 25, S 77. — [78]) W. Voigt, Phys. Z. S 237. — [79]) A. Johnsen u. O. Toeplitz, Phys. Z. S 46. — [80]) P. Scherrer, Phys. Z. S 23. — [81]) L. Vegard, Phil. Mag. R 6, Bd 35, S 293. — [82]) F. Reiche u. A. Smekal, Naturwiss. S 304. — [83]) Nomenklatur von Radioelementen, Phys. Z. S 30. — [84]) L. Meitner, Naturwiss. S 324. — Phys. Z. S 209, 257. — [85]) M. Ishino, Phil. Mag. R 6, Bd 33, S 129. — [86]) K. W. F. Kohlrausch, JB Rad. El. S 64. — Wien. Ber. IIa, Bd 126, S 441, 683, 705. — [87]) E. Rutherford, Phil. Mag. R 6, Bd 34, S 153. — [88]) K. W. F. Kohlrausch, Phys. Z. S 345. — [89]) H. Remy, Naturwiss. S 525. — [90]) F. Paneth, Naturwiss. S 644. — [91]) V. F. Heß u. W. Schmidt, Phys. Z. S 109.

Elektromedizin und Elektrobiologie.

Von Dr. Gustav Grossmann.

Die Anwendung von Elektrizität und Licht in der Medizin.

Elektrotherapie. Das Jahr 1918 hat keinerlei nennenswerte technische Fortschritte im Bau der Apparate für elektrische Behandlung gebracht. Für den Elektrotherapeuten bemerkenswert ist die von J. Kowarschik[1]) angegebene neue Methode der Galvanisation bei Ischias. — H. Boruttau[2]) bekämpft die Ansicht Lewandowskys[3]), daß der Wechselstrom für therapeutische Zwecke überhaupt nicht mehr verwendet werden soll. Boruttau läßt die Behandlung mit Wechselstrom zu, falls zur Kontrolle ein zuverlässiges Meßgerät vorgesehen ist. Als solches kommen Weicheisen- und Hitzdrahtmeßgeräte und das sog. Sekohmmeter in Betracht. Dieses besteht aus einem mit dem Wechselstrom synchron umlaufenden Stromwender und einem Drehspulen-Milliamperemeter.

Eine bedeutende technische Neuerung stellt der von Th. Christen, H. Hertenstein und Bergter[4]) beschriebene Diathermieapparat dar, bei dem als Schwingungserreger an Stelle einer Funkenstrecke eine Elektronenröhre gesetzt ist. — Die Ansichten von H. E. Schmidt[5]) über das Wesen und den Wert der Diathermiebehandlung werden von G. Bucky[6]) und von E. Tobias[7]) bekämpft.

Lichttherapie. Über die Anwendungen der Lichttherapie im Weltkriege gibt ein Referat von Breiger[8]) Aufschluß. — An Hand der Lichtspektra der verschiedenartigen therapeutischen Lichtquellen und des Spektrums des Sonnenlichtes zeigt K. Bangert[9]), daß die Siemens-Aureollampe diejenige künstliche Lichtquelle ist, die in bezug auf Sonnenähnlichkeit alle anderen, namentlich

die sog. künstliche Höhensonne, übertrifft. Mit der Siemens-Aureollampe hat v. Roznowski[10]) bei verschiedenartigen Tuberkuloseerkrankungen, insbesondere bei Lungentuberkulose im Anfangsstadium, eine wirksame Unterstützung der bisherigen Behandlungsmethoden erzielt. — Wie H. E. Schmidt[11]) gefunden hat, sind die künstliche Höhensonne und die Kohlenbogenlampe in bezug auf ihre Einwirkung auf tuberkulöse Kranke einander gleichwertig. — Nach den Erfahrungen von W. Budde[12]) zeitigt die künstliche Höhensonne wohl in der Wundbehandlung im allgemeinen gute Erfolge, nicht jedoch bei Tuberkulose und anderen konstitutionellen Erkrankungen. Lokale Wirkungen sind mit ihr nur in wenigen Fällen erzielbar. — May[13]) und P. Reinhard[14]) machen von der künstlichen Höhensonne zum Zwecke der Provokation latenter Malaria Gebrauch. — F. Kautz[15]) warnt vor der Verwendung der künstlichen Höhensonne bei bösartigen Neubildungen. — Ph. F. Becker[16]) kann der Benutzung der Quarzlampe und der Kohlenbogenlampe bei Furunkeln und Karbunkeln die besten Heilerfolge verdanken. — Fr. M. Meyer[17]) wendet das Quarzlicht bei Haarausfall mit gutem Erfolge an.

Elektromagnete. H. du Bois[18]) hat die theoretisch günstigste Form der Polspitzen der für Heilzwecke dienenden Elektromagnete rechnerisch ermittelt. Er beschreibt zwei Modelle von solchen Elektromagneten.

Röntgenologie.

Das Handbuch der Röntgenlehre von H. Gocht[19]) ist in einer fünften umgearbeiteten Auflage und der von Fürstenau, Immelmann und Schütze[20]) verfaßte Leitfaden des Röntgenverfahrens für das röntgenologische Hilfspersonal in einer zweiten, vermehrten und verbesserten Auflage erschienen.

Röntgenstrahlerzeuger. Eine Steigerung der Belastungsfähigkeit von Trockenröhren mit Rippenkühlern erreicht R. Stephan[21]) durch eine Zusatzkühlung mit Preßluft und Wasserverdunstung. — G. Bucky[22]) zieht vom Gesichtspunkte des praktischen Röntgenologen einen Vergleich zwischen der Coolidgeröhre und der Lilienfeldröhre. — H. v. Dechend, H. Iten und H. Wintz[23]) haben die von der selbsthärtenden Siederöhre, der Lilienfeldröhre und der Coolidgeröhre unter gleichen Betriebsbedingungen gelieferten Strahlungen mit einer meßtechnisch gut durchgebildeten iontometrischen Einrichtung untersucht. Sie haben festgestellt, daß von den drei Arten von Röhren die Lilienfeldröhre ein am wenigsten heterogenes Gemisch von Strahlen liefert, daß die Siederöhre jener nur wenig nachsteht und daß die Strahlung der Coolidgeröhre wesentlich inhomogener als die der anderen zwei Röhrenarten ist. — Albers-Schönberg[24]) weist statistisch nach, daß er durch Einführung gasfreier (Lilienfeld- und Glühkathoden-) Röntgenröhren eine wesentliche Verbilligung des Röntgenbetriebes erzielt hat. Dabei ist zu beachten, daß in die Berichtzeit die Kinderkrankheiten der neuartigen Röhren fallen. — Wie Albers-Schönberg[25]) berichtet, ist es J. E. Lilienfeld und F. J. Koch gelungen, mittels der Lilienfeldröhre sehr intensive Strahlen zu erzeugen, die den Spektrogrammen gemäß eine kürzere Wellenlänge als Radiumgammastrahlen haben. Erreicht ist dies durch den Betrieb der Lilienfeldröhre mit einem neuartigen Apparat. Überraschend ist es, daß die ultraharten Strahlen bei verhältnismäßig niedrigen Spannungen, und zwar schon bei solchen von 25 bis 28 cm Schlagweite, entstehen. Über die neuen Apparate, die von Koch & Sterzel und von S & H hergestellt werden, ist noch nichts Näheres bekannt. Wir stehen vielleicht vor einer grundlegenden Umgestaltung der röntgentherapeutischen Technik.

Bei den zur Erzeugung sehr harter Röntgenstrahlen dienenden Transformationsgeräten erreicht F. Dessauer[26]) durch Mehrfachtransformation einen hohen Grad von Betriebssicherheit (s. S. 41).

Th. Nogier[27]) sieht für den Arzt zum Schutze gegen Röntgenstrahlen eine große Zahl von Schutzmitteln vor. — A. Kohler[28]) gibt eine Reihe wichtiger Grundsätze an, die bei der Anlage von Röntgenbehandlungsräumen namentlich im Interesse der Erzielung eines sicheren Strahlenschutzes zu beachten sind. —

Die im Röntgenapparat und an den hochspannungführenden Leiterteilen entstehenden giftigen nitrosen Gase sucht man entweder, wie K. Bley[29]) durch Entlüftung oder P. Mathes[30]) durch Einbau von Zwischendecken vom Behandlungsraum fernzuhalten oder nach A. Lorey[31]) durch chemische Mittel, wie Natronlauge, unschädlich zu machen. H. Wintz[32]) ist der Ansicht, daß die giftigen Gase nicht so sehr in den offenen Funkenstrecken als an den Hochspannungsleitungen infolge dunkler Entladungen entstehen. Als Hochspannungsleiter verwendet er deshalb polierte Rohre.

Röntgendiagnostik. Es liegt der erste Teil eines von G. Holzknecht[33]) herausgegebenen Werkes vor, das betitelt ist: Röntgenologie, eine Revision ihrer technischen Einrichtungen und praktischen Methoden. Sehr treffend ist die Kritik, die der Herausgeber im Vorworte über die bisherige Art der Zusammenarbeit von Röntgenologen und Ingenieuren fällt, und sehr beherzigenswert sind seine dem Röntgentechniker erteilten Ratschläge. — Während man in Frankreich noch eifrig bemüht ist, Methoden und Hilfsgeräte für die Lagebestimmung von Fremdkörpern zu ersinnen (der Jahrgang 1918 einer französischen Zeitschrift[34]) bringt die Beschreibung von nicht weniger als 11 neuen Lokalisationsapparaten), ist bei uns das Interesse für diese Frage schon längst gesättigt. Man nimmt bloß da und dort kritisch zur Frage der Fremdkörperlokalisation Stellung. So tritt Baumeister[35]) für das Durchleuchtungsverfahren ein, das er dem photographischen vorzieht. Nach W. Seitz[36]) ist die wertvollste Methode die der stereoskopischen Aufnahme und Betrachtung. Kümmel[37]) preist die Hasselwandersche stereoskopische Methode als das sicherste Verfahren. Grashey[38]) empfiehlt die stereogrammatische und die Holzknechtsche Blendenrandmethode. W. Trendelenburg[39]), der in einem Büchlein die stereoskopische Raummessung an Röntgenaufnahmen behandelt, bedient sich eines abgeänderten Wheatstoneschen Spiegelstereoskopes. Die Lage der in Muskulaturweichteilen sitzenden Steckgeschosse stellt H. Wachtel[40]) im Durchleuchtungsbilde dadurch fest, daß er die abzusuchenden Muskeln mittels faradischen Stromes in Zuckungen versetzt. — G. Holzknecht[41]) gibt einige wichtige Friedensanwendungen der für die Kriegschirurgie geschaffenen Röntgenoperationseinrichtung an. — Drüner[42]) empfiehlt zur röntgenoskopischen Operation das stereoskopische Schirmbild. — Die von Drüner[43]) angegebene Schornsteinblende gestattet Tiefenbestimmungen während der röntgenoskopischen Operation vorzunehmen.

Die Lagerungsvorrichtung von Chaoul[44]) gestattet, den liegenden Patienten in verschiedenen Schräglagen bei Tageslicht zu durchleuchten und unmittelbar nach jeder Durchleuchtung Aufnahmen zu machen. — Das ebenfalls von Chaoul[45]) angegebene Radioskop ermöglicht es, Durchleuchtungen von liegenden Patienten ohne Verwendung einer Untertischröhre vorzunehmen.

S & H[46]) haben sich ein Verfahren schützen lassen, das Röntgenbilder von einem rhythmisch beweglichen Körper, beispielsweise vom Herzen, in bestimmten Phasen seiner Bewegung ohne jeglichen Zeitfehler herzustellen gestattet. Das Verfahren ähnelt seinem Grundgedanken nach dem Verfahren der Synchronisierung von Wechselstromgeneratoren.

Röntgentherapie. Im Laufe der Kriegsjahre mußte die Röntgentherapie gegen die Röntgendiagnostik vielfach zurücktreten. Heutigentags wenden die Röntgenologen ihr Interesse wieder in erster Linie der Röntgentherapie, namentlich der Röntgentiefentherapie, zu.

In der Tiefentherapie strebt man allgemein die Verwendung möglichst harter Strahlen an. Hierfür läßt H. E. Schmidt[47]) lediglich physikalische Gründe gelten. Die gute Wirkung harter Strahlen beruht seiner Ansicht nach nicht etwa darauf, daß sie z. B. auf die Krebszelle elektiv wirken, sondern darauf, daß sie tiefer dringen. Er hält jedoch harte Strahlen für gefahrbringend. Man sollte sein Augenmerk auf die Verschiedenheiten in der Radiosensibilität der verschiedenartigen gesunden und kranken Gewebe richten.

Nach der Heilwirkung der Röntgenstrahlen sind nach Albers-Schönberg[48]) drei Krankheitsgruppen zu unterscheiden. Es gibt erstens Krankheiten, wie z. B. Myome, Tuberkulose der Knochen, der Gelenke und der Sehnenscheiden, bei denen mittels Röntgenstrahlen eine objektiv feststellbare und dauerhafte Heilung erzielbar ist; zweitens solche, wie Leukämie, Basedowkrankheit u. a., bei welchen zeitweilig eine objektiv nachweisbare Besserung erreicht werden kann, und drittens Krankheiten, bei denen die Röntgenbehandlung bloß eine mehr oder weniger lang andauernde subjektive Besserung der Krankheitserscheinungen zur Folge hat. Hierher gehören die Ischias, die Trigeminusneuralgie und die Krebserkrankungen. Albers Schönberg tritt, ähnlich wie auch Heimann[49]), dafür ein, den operablen Krebs zu operieren, den inoperablen zum Zwecke der Schmerzlinderung zu bestrahlen und bei operiertem Krebs zum Zwecke der Prophylaxe eine Nachbehandlung mit Röntgenstrahlen vorzunehmen. — Eine ähnliche Ansicht äußern L. Seitz und H. Wintz[50]) über die Röntgenbehandlung von Sarkomen. Bemerkenswert sind die von diesen beiden Leitern der Erlanger Schule aufgestellten[51]) Grundsätze der Röntgenbehandlung des Krebses. Sie arbeiten zwecks Erhöhung der Tiefenwirkung und Vermeidung von Hautschädigungen mit einem 0,5 mm dicken Zinkfilter (Schwerfilterung) und geben die ganze Dosis in einer einzigen Sitzung (Schnell- oder Intensivtherapie). Auch E. Opitz[52]) bekennt sich zu den gleichen Grundsätzen. Er wählt sogar bloß zwei Einfallpforten und ein noch stärkeres Filter (1 mm Kupfer). — Auch bei der Behandlung von Myomen verwenden L. Seitz und H. Wintz[53]) Schwerfilter, und auch da verabreichen sie die ganze erforderliche Dosis (Ovarialdosis) womöglich in einer einzigen Sitzung und nur in seltenen Fällen innerhalb 2 bis 3 Tagen. Während G. Loose[54]), A. Lorey[55]), Kirstein[56]) und M. Steiger[57]) ihre Stimme gegen das Eilverfahren und für die Serienbestrahlung der Myome erheben, tritt Mitscherlich[58]) für die Intensivtherapie ein. — Ein Fall schwerer Darm- und Hautschädigung, den O. v. Franqué[59]) bei Benutzung eines Schwerfilters von 1 mm dickem Messing erlebt hat, und zwei von Fr. Heimann[60]) mitgeteilte Fälle schwerster Hautschädigungen bei Filterung mit 0,5 mm dickem Zink geben zu einer Meinungsäußerung über die Benutzung von Schwerfiltern Anlaß. W. S. Flatau[61]) und ebenso H. Eymer[62]), die beide für die Schwerfilterung eintreten, schreiben die Schädigungen Fehlern in der Bestrahlungstechnik zu.

W. Stepp und A. Wirth[63]) teilen ihre Erfahrungen mit der Röntgentiefentherapie bei verschiedenen inneren Krankheiten, namentlich bei Bauchfell-, Nieren- und Blasentuberkulose mit. — E. Mühlmann[64]) und Seemann[65]) berichten über ihre mit der Röntgenbehandlung der Lymphdrüsentuberkulose erzielten guten Erfolge. — Capelle[66]) warnt vor der Bestrahlung der Schilddrüse bei der Basedow-Krankheit, Sudeck[67]) hingegen empfiehlt sie. Nach Wilms[68]) ist mittels Röntgenstrahlen eine schnelle Heilung der Trigeminusneuralgie erzielbar.

Ähnlich wie in der Tiefentherapie besteht auch in der Oberflächentherapie das Bestreben, die Härte der Strahlen zu steigern. So filtert Fr. M. Meyer[69]) bei der Strahlenbehandlung der Bartflechte und ähnlich W. Hesse[70]) bei derjenigen der Wundrose mit Aluminiumfiltern bis zu 3 mm Dicke. — A. Breuer[71]) tritt sogar für die Benutzung der härtesten Strahlen in der Oberflächentherapie ein und erklärt die Trennung dieses Gebietes von demjenigen der Tiefentherapie für ungerechtfertigt.

Man hat schon mehrfach vorgeschlagen und versucht, durch Einverleibung eines zu Eigenstrahlung anregbaren Stoffes in den zu bestrahlenden Körper die Wirkung der Röntgenstrahlen zu steigern. W. Stepp und P. Cermak[72]) haben mit Stoffen, deren Atomgewichte zwischen 100 und 130 liegen, wie z. mit Kollargol und Jodoformglyzerin, Versuche angestellt. Deren Ergebnisse sind jedoch noch nicht eindeutig festgestellt. L. v. Rhorer[73]) glaubt durch Einspritzung von Jodkalium eine Absorptionssteigerung erzielt zu haben. — Die bei Behandlung von Gebärmutterkrebs erforderliche genaue Zentrierung

der Röntgenröhre erreicht H. Wintz[74]) mittels einer besonderen Vorrichtung.

R. Glocker[75]) weist theoretisch nach, daß sich für Filterzwecke die Elemente am besten eignen, die im periodischen System zwischen Eisen und Selen liegen.

Strahlenmessungen. H. Wintz und H. Iten[76]) wollen gefunden haben, daß die Steigerung der Röhrenspannung über 30 cm Schlagweite keine Steigerung der Strahlenhärte und der prozentuellen Tiefendosis, sondern bloß eine Intensitätsvergrößerung der harten Strahlenkomponenten zur Folge hat. Demnach wären die hohen Spannungen bloß im Interesse der Verkürzung der Behandlungsdauer anzustreben. — Hingegen hat Fr. Dessauer[26]) festgestellt, daß die Spannungssteigerung sehr wohl ein Anwachsen der Strahlenhärte bedingt. Er will bei 237 kV Spitzenspannung an der Röhre eine Halbwertschicht von 2,9 cm in Aluminium gemessen haben. Doch, wie J. E. Lilienfeld[77]) nachgewiesen hat, sind weder die Spannungsmessungen noch die iontometrischen Härtebestimmungen Dessauers einwandfrei.

Sehr gründlich sind die von B. Krönig und W. Friedrich[78]) angestellten Untersuchungen über die physikalischen und biologischen Grundlagen der Strahlentherapie. Die von Friedrich angegebenen Geräte gestatten eine einwandfreie Messung der Strahlendosis. In einen Gegensatz hierzu stellen sich L. Küpferle und J. E. Lilienfeld[79]) insofern, als sie die Dosismessung am Orte des Erfolgsorganes verwerfen. Sie stellen eine neuartige Definition der Dosis auf, gegen die Th. Christen[80]) Stellung nimmt. Schließlich gelangen sie doch auch zu dem Ergebnis, daß die in einer dünnen Gewebeschicht absorbierte Primärstrahlenenergie zu messen sei.

Bemerkenswert, jedoch nicht ganz widerspruchslos sind die von L. Seitz und H. Wintz[81]) einerseits und von E. Opitz[82]) anderseits gemachten Angaben über das Verhältnis der sog. Krebsdosis und Ovarialdosis zur Hautdosis.

Elektrobiologie.

An Hand von Vergleichsversuchen, die P. Schrumpf und H. Zöllich[81]) am Einthovenschen Saitengalvanometer und dem S & Hschen Spulengalvanometer angestellt haben, zeigen sie, daß sich beide Systeme zum Aufzeichnen von Herzströmen in gleicher Weise eignen. An technischen und praktischen Gründen geben jedoch die Verfasser dem Spulengalvanometer den Vorzug. Wie sie ausführen, hat man die Elektrokardiographie fälschlich für eine Herzfunktions-Prüfmethode angesehen und aus den Herzstromkurven Fehlschlüsse gezogen. Sie weisen auf diejenigen Momente hin, die der Beurteilung der Herzstromkurven zugrunde zu legen sind.

Die schon mehrjährige Polemik von H. Boruttau und S. Jellinek über das Wesen und die physiologischen Ursachen des Todes durch Starkstrom und über die Rettung davor findet ihre Fortsetzung. Boruttau[82]) führt an Hand des Materials von fast 1200 elektrischen Unfällen den Nachweis, daß bei den meisten tödlich verlaufenden Unfällen der Tod durch Herzkammerflimmern bedingt gewesen ist. Während Jellinek[83]) als Mittel zur Rettung vor dem elektrischen Scheintode allein künstliche Atmung empfiehlt, ist Boruttau der Meinung, daß sie allein nichts nützt und daß weitere Mittel zur Wiederbelebung des flimmernden Herzens erforderlich sind. So empfiehlt er eine Einspritzung gewisser Metallsalze in das Herz. — Wie P. B. Huber[84]) gefunden hat, verändern sich die Leitfähigkeit des menschlichen Körpers und diejenige der Atmosphäre an ruhigen Tagen einander parallel. An Föhn- und Gewittertagen zeigen sich Abweichungen von diesem Parallelismus. Offenbar handelt es sich um Änderungen der Hautpolarisation.

[1]) Kowarschik, Münch. med. Woch., S 1293. — [2]) Boruttau, Dtsch. med. Woch., S 1412. — [3]) JB 1917, S 182. — [4]) Christen, Hertenstein u. Bergter, Münchner mediz. Woch., S 1395. — [5]) H. E. Schmidt, Berl. klin. Woch., S 184 — [6]) Bucky, Berl. klin. Woch., S 550. — [7]) Tobias, Berl. klin. Woch., S 806. — [8]) Breiger, Strahlenther., Bd 8, S 656. — [9]) Bangert, Z. phys. u. diätet. Ther., S 149,

176. — [10]) Roznowski, Ther. d. Gegenw., S 336. — [11]) H. E. Schmidt, Strahlenther., Bd 8, S 564. — [12]) Budde, Münchn. med. Woch., S 1123. — [13]) May, Münchn. med. Woch., S 1047. — [14]) Reinhard, Med. Klin., S 619. — [15]) Kautz, Münchn. med. Woch., S 765. — [16]) Ph. F. Becker, Dtsch. med. Woch., S 1276. — [17]) Fr. M. Meyer, Dtsch. med. Woch., S 1139. — [18]) du Bois ETZ, S 173, 184. — [19]) Gocht, Handb. der Röntgenlehre. Stuttgart, Enke. — [20]) Fürstenau, Immelmann u. Schütze, Leitf. d. Röntgenverf. f. d. röntgenol. Hilfspers. Stuttgart, Enke. — [21]) Stephan, Strahlenther., Bd 8, S 430. — [22]) Bucky, Fortschr. Röntgenstr., Bd 25, S 453. — [23]) Dechend, Iten u. Wintz, Fortschr. Röntgenstr. Bd 25, S 330. — [24]) Albers-Schönberg, Fortschr. Röntgenstr. Bd. 26, S 30. — [25]) Albers-Schönberg, Dtsch. med. Woch. S 1138. — [26]) Dessauer, Verh. dtsch. phys. Ges., S 155; Münchn. med. Woch., S 1026. — [27]) Nogier, Arch. d'él. méd., S 97. — [28]) Kohler, Münchn. med. Woch. S 566. — [29]) Bley, Dtsch. med. Woch. S 407. — [30]) Mathes, Münchn. med. Woch. S 792. — [31]) Lorey, Fortschr. Röntgenstr. Bd 25, S 212. — [32]) Wintz, Münchn. med. Woch. S 297. — [33]) Holzknecht, Röntgenologie. Wien, Urban u. Schwarzenberg. — [34]) Arch. d'électr. méd. S 5, 9, 19, 26, 44, 49, 62, 67, 313, 322, 369. — [35]) Baumeister, Dtsch. med. Woch. S 1330. — [36]) Seitz, Dtsch. med. Woch. S 1020. — [37]) Kümmell, Berl. klin. Woch. S 630. — [38]) Grashey, Münchn. med. Woch. S 258. — [39]) Trendelenburg, Stereoskop. Raummessg. an Röntgenaufn. Berlin, Springer. — [40]) Wachtel, Münchn. med. Woch. S 37. — [41]) Holzknecht, Berl. klin. Woch. S 297. — [42]) Drüner, Dtsch. med. Woch. S 296. — [43]) Drüner, Fortschr. Röntgenstr. Bd 25, S 436. — [44]) Chaoul, Münchn. med. Woch. S 426. — [45]) Chaoul, Münchn. med. Woch. S 1185. — [46]) S & H, DRP 305 289. — [47]) H. E. Schmidt, Fortschr. Röntgenstr. Bd 25, S 314. — [48]) Albers-Schönberg, Münchn. med. Woch. S 980. — [49]) Heimann, Berl. klin. Woch. S 435. — [50]) Seitz u. Wintz, Münchn. med. Woch. S 527. — [51]) Seitz u. Wintz, Münchn. med. Woch. S 89. — [52]) Opitz, Med. Klin. S 925 u. 983. — [53]) Seitz u. Wintz, Münchn. med. Woch., S 35. — [54]) Loose, Münchn. med. Woch. S 272. — [55]) Lorey, Dtsch. med. Woch. S 13. — [56]) Kirstein, Zentralbl. f. Gyn. S 330. — [57]) Steiger, Strahlenther. Bd 8, S 411. — [58]) Mitscherlich, Zentralblatt Gyn. S 525. — [59]) v. Franqué, Zentralbl. Gyn. S 1. — [60]) Heimann, Zentralbl. f. Gyn. S 217. — [61]) Flatau, Zentralbl. Gyn. S 329. — [62]) Eymer, Zentralbl. Gyn. S 885. — [63]) Stepp u. Wirth, Ther. Gegenw. S. 153. — [64]) Mühlmann, Dtsch. med. Woch. S 36 u. 994. — [65]) Seemann, Dtsch. med. Woch. S 267. — [66]) Capelle, Zeitschr. ärztl. Fortb. S 644. — [67]) Sudek, Dtsch. med. Woch. S. 1104. — [68]) Wilms, Münchn. med. Woch. S 7. — [69]) Fr. M. Meyer, Münchn. med. Woch. S 592. — [70]) Hesse, Münchn. Woch. med. S 505. — [71]) Brauer, Strahlenther. Bd 8, S 584. — [72]) Stepp u. Cermak, Münchn. med. Woch. S 1102. — [73]) v. Rhorer, Dtsch. med. Woch. S 1394. — [74]) Wintz, Münchn. med. Woch. S 1050. — [75]) Glocker, Fortschr. Röntgenstr. Bd 25, S 421. — [76]) Wintz u. Iten, Münchn. med. Woch. S 375. — [77]) Lilienfeld, Verh. D. phys. Ges. S 159. — [78]) Krönig u. Friedrich, Physikalische und biologische Grundlagen der Strahlentherapie. Berlin u. Wien, Urban u. Schwarzenberg. — [79]) Küpferle u. Lilienfeld, Münchn. med. Woch S 425 u. 1164. — [80]) Christen, Münchn. med. Woch. S 736. — [81]) Schrumpf u. Zöllich, Arch. ges. Physiol. Bd 170, S 553. — [82]) Boruttau, ETZ S 81, 94, 130, 139, 396 u. 491. — [83]) Jellinek, ETZ S 221; El. Masch.-Bau S 357. — [84]) Huber, ETZ S 290.

XVIII. Erdströme, atmosphärische Elektrizität, Blitzableiter und Blitzschläge.

Von Prof. Dipl.-Ing. Sigwart Ruppel.

Gewitterbildung. Über den „Zusammenhang der Gewitter mit den Wetterlagen“ in Österreich berichtet E. R. Wolf[1]) an Hand einer größeren Reihe von Beobachtungen, die in Tabellen niedergelegt sind. Er kommt zu dem Schluß, daß eine besonders günstige Bedingung für die Entstehung von Gewittern am Randgebiet zwischen hohem und niedrigem Druck besteht, sowie bei einer Rinne tiefen Druckes zwischen zwei Hochdruckgebieten und gleichförmiger Luftdruckverteilung. Er findet, daß zwei sommerliche Hauptmaxima

vorhanden sind, und zwar eines in der ersten Juni- und eines in der zweiten Julihälfte. Beim täglichen Gang der Gewitterhäufigkeit zeigt sich nach den zehnjährigen Beobachtungen in Niederösterreich ein Hauptmaximum zur Zeit der höchsten Temperatur und ein sekundäres Maximum morgens. Die Nachmittag- und Abendgewitter sind auf den Einfluß der durch die tägliche Erwärmung des Bodens bewirkten Luftströmungen zurückzuführen, so daß man sie als Gewitter unter kontinentalem Einfluß bezeichnen kann. Die Morgengewitter dagegen, die durch das rasche Einströmen kalter Ozeanluft von Westen nach Osten entlang der Nordkette der Alpen entstehen, sind als Gewitter unter ozeanischem Einfluß anzusehen.

In einer Bearbeitung der 15jährigen Gewitterbeobachtungen in Ungarn von O. Raum[2]) kommt dieser zu Resultaten, welche diejenigen für Niederösterreich gut ergänzen. Auch dort ist der Juni der gewitterreichste Monat, besonders im östlichen Hochland, während in der kleinen ungarischen Tiefebene Juni, Juli und schon der Mai gleichviel Gewitter haben. Daß der Mai auch bei weitem gewitterreicher als der August ist, ist durch das kontinentale Klima bedingt. Das tägliche Maximum tritt im östlichen und nordöstlichen Hochland zwischen 1^h und 2^h p., in der kleinen ungarischen Tiefebene und im nördlichen Hochlande zwischen 2^h und 4^h p. und in der großen ungarischen Tiefebene und im Hügelland jenseits der Donau zwischen 3^h und 4^h p. auf. Es würde also das Maximum der Gewitterhäufigkeit dem Eintritt des Temperaturmaximums im Hochlande erheblich vorausgehen. Das ist nach früheren Untersuchungen von Hann darauf zurückzuführen, daß in den Gebirgen die an Ort und Stelle entstandenen Gewitter, die also mit dem täglichen Temperaturgange am nächsten zusammenhängen, die Mehrzahl bilden, während in den Niederungen die von fernher zugewanderten und deshalb verspätet eintretenden Gewitter häufiger sind. Die von O. Raum gegebene Zusammenstellung der zündenden Blitzschläge erlaubt keine Schlüsse zu ziehen. Sie könnte nur von Wert sein, wenn sie mit einer vollkommenen Statistik nichtzündender Schläge, Bebauungsdichte, Bauart u. dgl. in den betreffenden Gebieten verbunden gewesen wäre. Die Feststellung, daß die zündenden Blitzschläge am häufigsten zwischen 2^h und 5^h p., am seltensten in den frühen Morgenstunden sind, zeigt nur, daß eben zu dieser Zeit, wie vorher bereits festgestellt, die Gewitter am häufigsten sind.

Hörweite des Donners. In Zusammenhang mit der jetzt viel besprochenen Hörbarkeit des Geschützdonners findet man verschiedene Erklärungen für die Hörweite des Donners. A. Schmauß[3]) führt sie vornehmlich auf den Bewegungszustand der Atmosphäre zurück, schreibt dem Winde einen wesentlichen Einfluß zu und kommt zu folgendem Schluß: „Bei einem Gewitter ist der Bewegungszustand der Atmosphäre einer Schallausbreitung immer hinderlich. Auf der Vorderseite desselben weht der Wind zum Gewitter hin, die Rückseite des Gewitters besteht aus den auf die Böenlinie zustürzenden Luftmassen, die sich also ebenfalls vom Beobachter entfernen. Der Wirbel mit horizontaler Achse, der fast stets einem Gewitter vorangeht, bzw. die Einleitung desselben bildet, schafft einen Luftraum, aus dem der Schall nur schwer nach außen dringt. Das Donnerrollen ist zum Teil die Antwort auf dieses Zusammenhalten der mächtigen Schallerscheinung auf kleinem Raume.“ Auch die Schallstruktur, langgestreckte Schallquelle beim Donner gegen punktförmige und sich demnach kugelförmig ausbreitende beim Kanonendonner wird zur Erklärung der verschiedenen Reichweiten herangezogen. Die größere Reichweite des Geschützdonners im Winter wird dadurch erklärt, daß im Sommer, mit seinen vielen durch die unregelmäßigen Vertikalbewegungen der Luft und den dadurch bedingten Gewittern, die Luft akustisch trüb ist. — Im Gegensatz hierzu kommt Veenema[4]) auf Grund eines großen Beobachtungsmaterials, das ausführlich aufgezählt und erläutert wird, zu dem Schlusse, daß die Windrichtung, wenigstens bis Wolkenhöhe, keinen Einfluß zu haben scheint, er glaubt aber auch, daß Pressungen und Wirbel in der Luft (hervorgerufen durch Unebenheiten der

Erdoberfläche) die Hörweite vermindern. Daher auch die größere Hörweite in der Nacht mit der meist schwächeren Luftbewegung. Er findet, daß die Hörweite im Spätsommer und Herbst günstiger ist als im Frühjahr und daß nur bei niederschlagenden und starken Blitzen der Donner gelegentlich weit zu hören ist.

Gewitterhäufigkeit. In einem Berichte[5]) über die Zahl der über der Stadt Zürich niedergegangenen Gewitter, der Aufzeichnungen von den Jahren 1821 bis 1918 benutzt, wird gezeigt, daß die Zahl der Gewitter für ein Jahr ziemlich unverändert bleibt; sie beläuft sich im Mittel auf 15,1 — 16,8 — 16,4 — 22,3 — 18,3 in je 20 Jahren. Man weist mit Recht auch an Hand dieser Zahlen darauf hin, daß die viel verbreitete Ansicht, daß die elektrischen Luftleitungen eine nennenswerte Änderung der Gewitterzahl herbeigeführt hätten, nicht berechtigt ist, obwohl eine Statistik für einen so eng begrenzten Raum bei der verhältnismäßig kleinen Zahl der am Ort selbst entstandenen Gewitter keine einwandfreien Schlüsse zuläßt. Etwas gewagt ist auch der Schluß, den man aus den Untersuchungen von Hellmann zieht, daß die Gewitter eher an Häufigkeit und Heftigkeit abgenommen hätten. Hierfür ist die von ihm berechnete Zahl der Blitztötungen auf eine Million Einwohner in Preußen (5,5 für 1881 bis 1895 und 3,7 von 1911 bis 1915) kein Beweis. Hellmann[6]) selbst wollte auch nur nachweisen, daß die immer wieder auftauchende Behauptung der Zunahme der Blitzgefahr nicht berechtigt ist. Die Aufstellung der Statistiken mit absoluten statt mit relativen Zahlen ist wesentlich mit an dieser falschen Deutung schuld. Der Referent hat bei der Zahl der zündenden Blitzschläge (diese werden genauer gemeldet als nicht zündende) auf je 100000 Gebäude auch feststellen können, daß der Mittelwert für ein Jahr im Zeitraum von 1885 bis 1916 kein Ansteigen zeigt, so daß auch hiernach nicht auf eine Zunahme der Blitzgefahr geschlossen werden kann.

Künstlicher Regen. Nach Berichten der „L'industrie Electrique"[7]) sind von Balsillie mit Unterstützung der australischen Regierung Versuche vorgenommen worden, um durch die Anziehung geladener Konduktoren auf Wassertröpfchen und Ionisierung der Luft die Bildung von Wassertropfen und damit von Regen zu erreichen. Als Konduktor wurde ein metallener Drachen oder ein mit metallener Umhüllung versehener Ballon benutzt, in dessen Korb ein Induktor mit elektrischem Ventil eingebaut war. Weitere Versuche wurden auch durchgeführt mit metallenen und mit vielen Spitzen versehenen Drachen, die durch Drahtseile geerdet waren. Es sollte so direkt die Elektrizität der Erde in die Luft übergeleitet werden, um die Kondensation des in der Luft vorhandenen Wassers herbeizuführen. Angeblich soll hierdurch bei den Versuchsfeldern eine Steigerung der Regenmenge um 50 bis 70% erreicht worden sein. Die Zahlen erscheinen außerordentlich hoch und bedürften, wie die ganzen Angaben, einer kritischen Nachprüfung, die zurzeit nicht möglich ist, da genaue Angaben fehlen.

Blitzableiter. Daß die allgemeine Einführung der Blitzableiter für die am meisten gefährdeten landwirtschaftlichen Gebäude erst dann erreicht werden kann, wenn die Architekten den Blitzableiter schon bei der Planaufstellung berücksichtigen, wird in einem Vortrag von Ruppel[8]) im Elektrotechnischen Verein gezeigt. Es wird darauf hingewiesen, daß die ergänzten metallenen Gebäudeteile, wenn sie bei der Planung entsprechend berücksichtigt werden, als Blitzschutz ausreichen können. An statistischen Unterlagen wird auch gezeigt, daß die Zerstörungen durch Blitzschläge belanglos werden, wenn es gelingt, Zündungen zu verhindern. Da aber in gegenübergestellten Berechnungen gleichzeitig nachgewiesen wird, daß von der Wirtschaftlichkeit der Blitzableiter nur bei allereinfachster Ausführung die Rede sein könnte, so kommt Ruppel zu dem Schluß, daß, wenn die Einführung von Blitzableitern mehr allgemein durchgeführt wird, nur allereinfachste Anlagen verlangt werden könnten. Derartige Anlagen könnten gegebenenfalls durch eine baupolizeiliche Vorschrift für gefährdete, landwirtschaftlichen Zwecken dienende Bauten direkt vorge-

schrieben werden. Es wird angeregt, einen Ausschuß für Blitzableiterbau zu bilden, in dem Architekten und Elektrotechniker gemeinsam bei Bauhandwerkern und Hausbesitzern auf die allgemeine Einführung einfacher und zweckentsprechender Blitzableiteranlagen hinwirken.

[1]) E. R. Wolf, Jahrbücher der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Bd 1913. — [2]) O. Raum, Jahrbücher der Ungar. Reichsanstalt f. Meteorologie und Erdmagnetismus. XL. Bd 1910, III. Teil. Budapest 1914. — [3]) A. Schmauß, Meteorol. Z., S 183. — [4]) Veenema, Wetter, Heft 3/4. — [5]) Schweiz. Bauztg., Bd 73, S 28. — [6]) Hellmann, Sitzungsber. pr. Akad. d. Wissensch. 1917, S 198. — [7]) L'Ind. El. 1917, S 445. — [8]) ETZ, S 324, 333, 349.

Alphabetisches Namenverzeichnis.

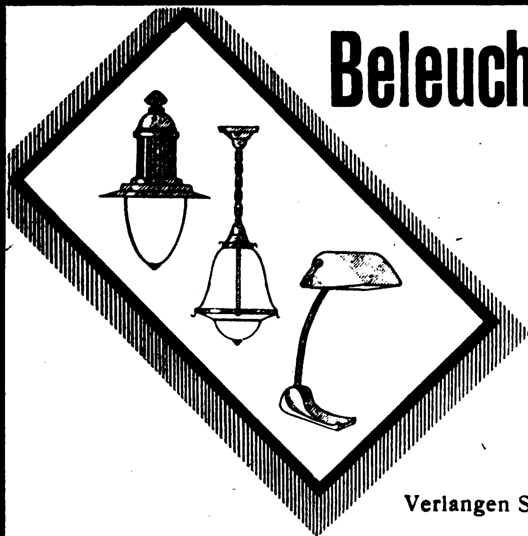
ä, ö, ü und ae, oe, ue mit stummem e gelten in der Ordnung für a, o, u.

Alphabetisches Sach- und Ortsverzeichnis.

Deutsche Kabelwerke

Kabel für alle Zwecke
Rohrdrähte, Isolierband
Paragummibänder
Kabelgarniturteile
Sondererzeugnis: Lithindrähte,
säure- und wetterfest

Aktiengesellschaft
Berlin O.112



Beleuchtungskörper

für

Straße und Verkehr,
Fabrik und Werkstatt,
Innenräume und Heim

in

lichttechnischer Durchbildung und gediegener Ausführung.

Verlangen Sie unsere neuesten Preislisten!

Dr.-Ing. SCHNEIDER & Co.
Lichttechnische Spezialfabrik, Frankfurt a. M.

(37)

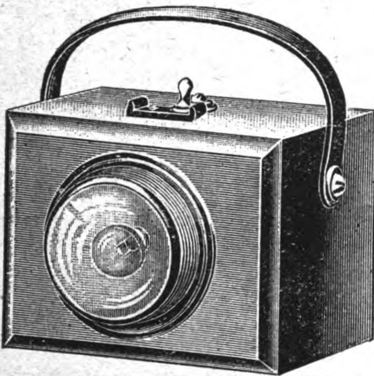
Weiß & Schwarz

Petersplatz 7 ◆ **Wien I** ◆ Petersplatz 7

Lager und Erzeugung sämtlicher Gebrauchsartikel für Zahnärzte u. Zahntechniker / Anschluß-Apparate für Endoskopie, Kaustik, Faradisation etc. / Bohr- und Poliermaschinen / Beleuchtungsapparate etc.

(22)

Elektrotechnische Fabrik Schmidt & Co.

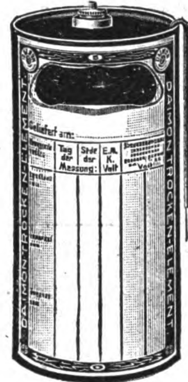


Berlin N. 39 / Sellerstr. 13

Daimon-

Elemente / Batterien
Tasdıenlampen
Glühlampen
Handlampen
und andere
Kleinbeleuchtungs-Artikel

(21)



Carl Reinshagen, Ronsdorf

Gegründet 1874 (Rheinland)

Telephonschnüre, Mikrophonschnüre, Umschalterschnüre, Linienwählerkabel, Schnüre für Induktions- u. elektromedizinische Apparate

Leitungen für elektrische Beleuchtungs- u. Heizzwecke

Übernahme behördlicher Lieferungen

Beteiligung an Ausschreibungen

(9)

